



**Уральский
федеральный
университет**

имени первого Президента
России Б.Н.Ельцина

**Институт новых материалов
и технологий**

**А. С. СМАГИН
И. В. КОНОВАЛОВА**

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ, СЕРТИФИКАЦИЯ И НОРМИРОВАНИЕ ТОЧНОСТИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Практикум

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

А. С. Смагин
И. В. Коновалова

Метрология, стандартизация, сертификация и нормирование точности в машиностроении

Практикум

Рекомендовано методическим советом
Уральского федерального университета
для студентов вуза, обучающихся по направлениям подготовки:
15.03.01 — Машиностроение; 15.03.05 — КТОМП; 15.03.02 — ТМиО;
15.03.04 — АТПиП; 15.03.06 — МиР; 23.03.03 — ЭТМиК; 23.05.01 — НТТС;
23.05.02 — Транспортные средства специального назначения;
23.03.02 — Наземные транспортно-технологические комплексы;
09.03.02 — Информационные системы и технологии
в машиностроении

Екатеринбург
Издательство Уральского университета
2021

УДК 621.01(075.8)

ББК 34.4я73

С50

Рецензенты:

завкафедрой технологии машиностроения Новоуральского технологического института Национального исследовательского ядерного университета — МИФИ канд. техн. наук, доц. *В. В. Закураев*;
и. о. начальника бюро механообработки в ОГТ ПАО «Машиностроительный завод им. М. И. Калинина» *И. С. Кузнецова*

Научный редактор — канд. техн. наук, доц. *М. Г. Галкин*

Смагин, А. С.

С50 Метрология, стандартизация, сертификация и нормирование точности в машиностроении : практикум / А. С. Смагин, И. В. Коновалова ; М-во науки и высш. обр. РФ. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2021. — 182 с.

ISBN 978-5-7996-3191-8

Практикум включает в себя методические указания и рекомендации по выполнению лабораторных работ. Методические материалы знакомят студентов с приборами для измерения линейных размеров, последовательностью их настройки, правилами обращения с приборами, отсчетом показаний приборов, обработкой результатов измерений. Для выполнения лабораторных работ в пособии приведены основные теоретические положения и сквозные примеры выполнения.

Библиогр.: 7 назв. Рис. 93. Табл. 15. Прил. 8.

УДК 621.01(075.8)

ББК 34.4я73

ISBN 978-5-7996-3191-8

© Уральский федеральный
университет, 2021

Оглавление

Введение	5
----------------	---

РАЗДЕЛ А. Лабораторный практикум

1. Общие сведения	6
1.1. Состав	6
1.2. Требования к оформлению отчета по лабораторным работам	6
1.3. Критерии оценивания лабораторных работ	7
2. Лабораторная работа № 1 «Измерение линейных размеров деталей универсальными измерительными средствами. Технические и метрологические измерения».....	9
2.1. Задачи лабораторной работы	9
2.2. Порядок выполнения лабораторной работы	10
2.3. Технические измерения	10
2.4. Метрологические измерения.....	13
3. Лабораторная работа № 2 «Контроль деталей гладкими предельными калибрами. Контроль регулируемой калибра-скобы на измерительном микроскопе MarVision MM 220»	21
3.1. Задачи лабораторной работы	24
3.2. Порядок выполнения лабораторной работы	24
3.3. Исходные данные.....	25
3.4. Пример выполнения работы	25
4. Лабораторная работа № 3 «Обработка результатов многократных неравноточных измерений».....	41
4.1. Задачи лабораторной работы	42
4.2. Порядок выполнения лабораторной работы	42
4.3. Исходные данные.....	42
4.4. Последовательность обработки результатов многократных неравноточных измерений	43
4.5. Пример обработки результатов многократных неравноточных измерений	46

5. Лабораторная работа № 4 «Определение приведенного среднего диаметра резьбы»	57
5.1. Задачи лабораторной работы	59
5.2. Порядок выполнения работы	60
5.3. Последовательность определения погрешности шага резьбы ΔP_n	61
5.4. Последовательность определения погрешности половины угла профиля резьбы $\Delta\alpha/2$	65
5.5. Последовательность измерения среднего диаметра резьбы d_2 методом трех проволок	68
5.6. Определение приведенного среднего диаметра резьбы	71
5.7. Последовательность определения степени точности и основного отклонения резьбового образца	71

РАЗДЕЛ Б. Измерительные приборы для выполнения лабораторных работ

Глубиномер индикаторный	72
Глубиномер микрометрический	79
Индикатор на стойке	85
Микрометр гладкий 0–25 мм	93
Микрометр гладкий 25–50 мм	98
Микрометр рычажный	103
Микрометр электронный 0–25 мм	108
Нутромер индикаторный	112
Нутромер микрометрический	120
Рычажная скоба	127
Штангенциркуль электронный	132
Инструментальный микроскоп	136
Библиографический список	144
Приложение 1	145
Приложение 2	149
Приложение 3	150
Приложение 4	156
Приложение 5	160
Приложение 6	168
Приложение 7	175
Приложение 8	181

Введение

Содержание лабораторных работ соответствует рабочей программе дисциплины «Метрология, стандартизация, сертификация и нормирование точности в машиностроении» для студентов всех машиностроительных специальностей всех форм обучения в Уральском федеральном университете имени первого Президента России Б. Н. Ельцина.

Цели работ:

- научиться применять универсальные средства измерения для определения измерения линейных размеров деталей и обрабатывать полученные результаты;
- научиться правильно выбирать и настраивать средства измерения;
- познакомиться с порядком измерения и определения показаний средств измерения.

Ожидаемые результаты выполнения работ:

1. Уметь рационально выбирать и применять средства измерения для контроля заданного параметра деталей машиностроения.
2. Владеть порядком измерения, настройки, калибровки (аттестации) средств измерения и определять показания измерения.
3. Уметь рассчитывать погрешности (неопределенности) результатов измерений.
4. Уметь обрабатывать результаты измерений.

При выполнении лабораторных работ студент должен научиться быстро и правильно пользоваться средствами измерения, а также учебной, справочной, технической литературой и государственными стандартами [6, 7].

Для выполнения лабораторных работ используется специализированная лаборатория технических и метрологических измерений кафедры «Технология машиностроения».

Для определения готовности студента к выполнению лабораторных работ используются контрольные вопросы, представленные в прил. 1.

РАЗДЕЛ А. Лабораторный практикум

1. Общие сведения

1.1. Состав

Практикум по дисциплине «Метрология, стандартизация, сертификация и нормирование точности в машиностроении» включает четыре лабораторные работы:

1. Измерение линейных размеров деталей универсальными измерительными средствами. Технические и метрологические измерения.
2. Контроль деталей гладкими предельными калибрами. Контроль регулируемой калибра-скобы на измерительном микроскопе MarVision MM 220.
3. Обработка результатов многократных неравноточных измерений размеров деталей.
4. Определение приведенного среднего диаметра резьбы.

1.2. Требования к оформлению отчета по лабораторным работам

Текстовая часть отчетов по лабораторным работам оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32.

Отчет по лабораторной работе включает:

- титульный лист (прил. 2);
- основную часть, в которой в краткой, но конкретной форме излагаются основные этапы лабораторной работы;
- выводы;
- список библиографических ссылок.

Отчет выполняется на листах формата А4 в компьютерном или рукописном варианте.

Все графические материалы выполняются в компьютерном или рукописном варианте.

В конце пояснительной записки приводится «Список библиографических ссылок», оформленный по ГОСТ 7.0.5. Ссылки на литературу в тексте отчета даются в квадратных скобках: указывается номер источника и страницы.

Формы отчетов лабораторных работ представлены в приложениях:

- приложение 3 — форма отчета для лабораторной работы № 1;
- приложение 4 — форма отчета для лабораторной работы № 2;
- приложение 5 — форма отчета для лабораторной работы № 3;
- приложение 6 — форма отчета для лабораторной работы № 4.

1.3. Критерии оценивания лабораторных работ

Балл за выполнение лабораторной работы рассчитывается по формуле (1.1):

$$B_p = 100 \cdot (K_{11} + K_{12} + K_{13} + K_{14}) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4, \quad (1.1)$$

где B_p — балл за выполнение лабораторной работы;

100 — максимальный балл за выполнение лабораторной работы;

$K_{11}, K_{12}, K_{13}, K_{14}$ — коэффициенты, учитывающие степень участия студента в выполнении лабораторной работы (см. табл. 1.1);

K_2 — понижающий коэффициент, учитывающий правильность работы с выбранными средствами измерения и расчетов в ходе выполнения лабораторной работы (см. табл. 1.2);

K_3 — понижающий коэффициент, учитывающий качество оформления отчета по лабораторной работе (полнота и логичность изложения, наличие ссылок на источники, соответствие оформления требованиям ГОСТ 7.32) (см. табл. 1.3);

K_4 — понижающий коэффициент, учитывающий своевременность выполнения лабораторной работы и сдачи отчета. Даты выполнения лабораторных работ и даты сдачи оформленного отчета устанавливает преподаватель, ведущий лабораторные работы по дисциплине (см. табл. 1.4).

Таблица 1.1

Оценивание участия студента в выполнении лабораторной работы

№ п/п	Степень участия в выполнении лабораторной работы	Значение понижающего коэффициента
1	Изучение методики выполнения работы (K_{11})	0–0,2
2	Настройка средств измерения в соответствии с методикой (K_{12})	0–0,3
3	Проведение измерений в соответствии с последовательностью выполнения (K_{13})	0–0,3
4	Выполнение расчетов и оформление отчета (K_{14})	0–0,2

Таблица 1.2

Оценивание правильности выполнения лабораторной работы

№ п/п	Количество ошибок в ходе выполнения лабораторной работы	Значение понижающего коэффициента, K_2
1	без ошибок	1
2	от 1 до 2 ошибок	0,9
3	от 3 до 4 ошибок	0,7
3	от 5 до 6 ошибок	0,5
4	от 7 и более ошибок	0,2

Таблица 1.3

Оценивание качества оформления отчета

№ п/п	Количество замечаний в отчете	Значение понижающего коэффициента, K_3
1	без замечаний	1
2	от 1 до 2 замечаний	0,9
3	от 3 до 4 замечаний	0,7
3	от 5 до 6 замечаний	0,5
4	от 7 и более замечаний	0,2

Таблица 1.4

Оценивание своевременности выполнения лабораторной работы и сдачи отчета

№ п/п	Срок сдачи заданий	Значение понижающего коэффициента, K_4
1	До рекомендуемой даты сдачи заданий	1
2	После рекомендуемой даты сдачи заданий	0,5
3	Работа не выполнена	0

2. Лабораторная работа № 1

«Измерение линейных размеров деталей универсальными измерительными средствами. Технические и метрологические измерения»

Область измерений в технике относится к метрологии. Метрология — наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Точность обработки деталей оценивается получаемыми в процессе обработки погрешностями. По точности оценки погрешностей процедура измерения подразделяется на два вида измерений: технические и метрологические (исследовательские).

Технические измерения выполняются в условиях производства. И здесь экономически целесообразными являются однократные измерения заданного размера детали. Но если точность выпускаемой продукции требует специальной оценки (например, с целью отладки производства деталей с точными размерами), выполняются метрологические измерения. Это многократные измерения.

2.1. Задачи лабораторной работы

1. Познакомиться с настройкой универсальных средств измерения для контроля заданных деталей.
2. Познакомиться с методикой технических и метрологических измерений.
3. Познакомиться с методикой обработки результатов измерений.

2.2. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Получить исходные данные для технических и метрологических измерений.
2. Для заданных параметров технических и метрологических измерений выбрать средства измерений.
3. Познакомиться с настройкой выбранных средств измерений.
4. Выполнить технические и метрологические измерения заданных параметров.
5. Выполнить обработку полученных результатов измерений.
6. Сделать выводы по результатам измерений.
7. Оформить отчет (прил. 3).

2.3. Технические измерения

2.3.1. Исходные данные

Для проведения технических измерений необходимо получить задание: эскиз детали, данные о точности измерения ее параметров.

Порядок измерения детали рассмотрим на примере измерения кольца (рис. 2.1).

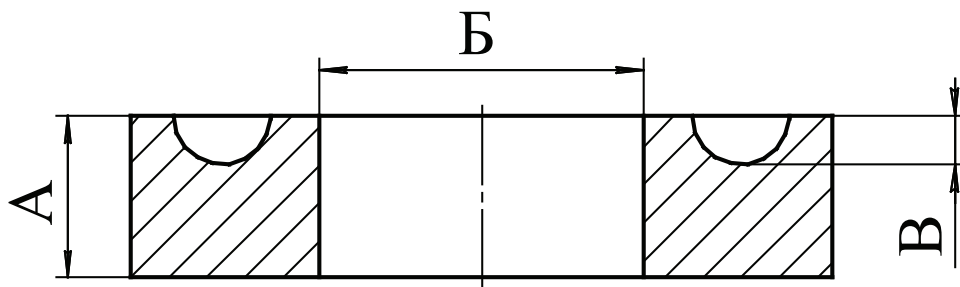


Рис. 2.1. Эскиз измеряемой детали

Измерение заданных параметров кольца будем производить микрометрическими приборами:

- толщину кольца (A) — микрометром;

- внутренний диаметр кольца (Б) — микрометрическим нутромером;
- глубину канавки (В) — глубиномером.

Данные технические измерения относятся к однократным измерениям. В производственных условиях их точность вполне приемлема, а простота и высокая производительность ставят однократные измерения вне конкуренции.

Однако во избежание промаха (грубой ошибки при измерении) при выполнении однократных измерений рекомендуется повторить измерения 2—3 раза, приняв за результат среднее арифметическое значение полученных величин.

2.3.2. Последовательность выполнения технических измерений

Измерение толщины кольца (размер А) микрометром

1. Познакомиться с метрологическими характеристиками гладкого микрометра. Убедиться, что они соответствуют заданному для измерения размеру детали. Записать метрологические характеристики в таблицу формы отчета (см. прил. 3, п. 1.2).
2. Познакомиться с правилами настройки гладкого микрометра по прилагаемой инструкции (см. раздел Б).
3. Произвести настройку гладкого микрометра в соответствии с порядком его настройки.
4. Познакомиться с правилами отсчета показаний гладкого микрометра согласно инструкции.
5. Произвести измерение толщины кольца микрометром. Результат измерения занести в таблицу формы отчета по лабораторной работе (см. прил. 3, п. 1.1).
6. Повторить измерение толщины кольца 2 раза. Результаты измерений занести в таблицу формы отчета (см. прил. 3, п. 1.3).
7. Рассчитать окончательный результат измерения толщины кольца как среднее арифметическое трех значений, полученных при измерении. Занести полученный результат в табл. П. 3.3 формы отчета в строку измеряемый параметр «А» (см. прил. 3, п. 1.4).

Измерение внутреннего диаметра (размер Б) кольца микрометрическим нутромером

1. Познакомиться с метрологическими характеристиками микрометрического нутромера. Убедиться, что они соответствуют заданному для измерения размеру детали. Записать метрологические характеристики в таблицу формы отчета (см. прил. 3, п. 1.2).
2. Познакомиться с правилами настройки микрометрического нутромера по прилагаемой инструкции (см. раздел Б).
3. Произвести настройку микрометрического нутромера в соответствии с порядком его настройки.
4. Познакомиться с правилами отсчета показаний микрометрического нутромера согласно инструкции.
5. Произвести измерение диаметра отверстия кольца микрометрическим нутромером. Результат измерения занести в таблицу формы отчета по лабораторной работе (см. прил. 3, п. 1.3).
6. Повторить измерение диаметра отверстия кольца 2 раза. Результаты измерений занести в таблицу формы отчета (см. прил. 3, п. 1.3).
7. Рассчитать окончательный результат измерения диаметра отверстия кольца как среднее арифметическое трех значений, полученных при измерении. Занести полученный результат в таблицу формы отчета в строку измеряемый параметр «Б» (см. прил. 3, п. 1.4).

Измерение глубины канавки (размер В) кольца глубиномером

1. Познакомиться с метрологическими характеристиками глубиномера. Убедиться, что они соответствуют заданному для измерения размеру детали. Записать метрологические характеристики в таблицу формы отчета (см. прил. 3, п. 1.2).
2. Познакомиться с правилами настройки глубиномера по прилагаемой инструкции (см. раздел Б).
3. Произвести настройку глубиномера в соответствии с порядком его настройки.
4. Познакомиться с правилами отсчета показаний глубиномера согласно инструкции.
5. Произвести измерение глубины канавки кольца. Результат измерения занести в таблицу формы отчета по лабораторной работе (см. прил. 3, п. 1.3).
6. Повторить измерение глубины канавки кольца 2 раза. Результаты измерений занести в таблицу формы отчета (см. прил. 3, п. 1.3).

7. Рассчитать окончательный результат измерения глубины канавки кольца как среднее арифметическое трех значений, полученных при измерении. Занести полученный результат в таблицу формы отчета в строку измеряемый параметр «В» (см. прил. 3, п. 1.4).

Примечание.

Если преподавателем заданы другие параметры измерений, следует повторить последовательность выполнения измерений с использованием других приборов.

2.4. Метрологические измерения

2.4.1. Последовательность выполнения метрологических измерений

1. Получить задание у преподавателя:
 - деталь;
 - измеряемый параметр детали;
 - измерительный инструмент;
 - метод измерения (абсолютный, относительный).
2. Познакомиться с устройством и настройкой измерительного средства (см. раздел Б).
3. Занести в отчет метрологические характеристики измерительного средства (см. прил. 3).
4. При заданном относительном методе измерения занести в отчет:
 - настроечный размер (размер блока концевых мер);
 - метрологические характеристики набора концевых мер.
5. Настроить прибор для измерения предложенного объекта измерения.
6. Познакомиться со схемой измерения заданной детали.
7. Выполнить 24 измерения в соответствии с заданием преподавателя. Результаты измерений занести в протокол измерений (см. прил. 3, п. 2.2.2).
8. Произвести статистическую обработку результатов измерений.
9. Вычислить границы доверительного результата измерений.
10. Определить доверительный интервал результата измерений.

2.4.2. Исходные данные

Объект измерения — втулка (рис. 2.2).

Измеряемый параметр — отверстие во втулке $\varnothing 40$ мм.

Измерительный инструмент — индикаторный нутромер.

Метод измерения — относительный.

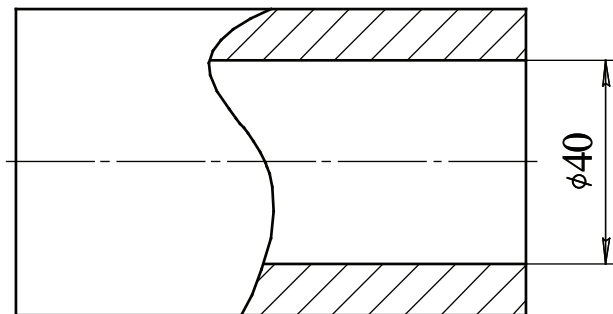


Рис. 2.2. Эскиз измеряемой детали

Контроль деталей с помощью индикаторного нутромера относится к относительному методу измерений. Это значит, что для настройки прибора необходимо использовать эталон, соответствующий контролируемому размеру. Как правило, таким эталоном является набранный блок плоскопараллельных концевых мер длины, установленный в специальные принадлежности для настройки нутромера (см. раздел Б).

При относительном методе измерений прибор показывает отклонение размера от величины эталона — блока концевых мер. Это отклонение может быть положительным и отрицательным.

Метод измерения — относительный. Следовательно, в протокол измерений заносятся отклонения размера детали от настроечного размера инструмента. При формировании окончательного результата производится сложение настроечного размера и верхней границы результата измерений и настроечного размера и нижней границы результата измерений.

Примечание.

Внимание! Если задан абсолютный метод измерения детали, в протокол заносятся показания прибора, непосредственно полученные при измерении. В первой части этой работы выполнялись абсолютные измерения.

2.4.3. Метрологические характеристики измерительного средства

Метрологические характеристики индикаторного нутромера:

- диапазон измерений прибора: 18–55 мм;
- диапазон показаний отсчетного устройства: 0–10 мм;
- цена деления прибора: 0,01 мм;
- погрешность измерения прибора: 0,005 мм.

Количество концевых мер в наборе — 87.

Класс точности концевых мер — 2.

Размер блока концевых мер (настроечный размер прибора) — 40,000 мм.

Размеры концевых мер, входящих в блок концевых мер, занести в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Размер блока концевых мер

№ п/п	Размер концевой меры, мм
1	40,000
2	—
3	—
4	—
Σ	40,000

2.4.4. Настройка средства измерения согласно прилагаемой инструкции

Познакомиться с методикой настройки заданного средства измерения и произвести его настройку (см. раздел Б).

2.4.5. Правила отсчета показаний средства измерения

Познакомиться с правилами отсчета заданного средства измерения (см. раздел Б).

2.4.6. Измерение заданного параметра

Выполнить 24 измерения одного и того же размера детали в разных сечениях (рис. 2.3). Полученные данные занести в протокол результатов измерений формы отчета табл. 2.2.

Если задана деталь цилиндрической формы с наружной или внутренней цилиндрической поверхностью, 24 измерения размера дета-

ли можно выполнить по предложенной схеме измерения детали в поперечном и продольном сечениях.

Протокол результатов измерений заданного размера детали (табл. 2.2).

В протоколе измерений результат измерений представлен в виде отклонения измеряемого размера от настроенного размера измерительного прибора. Результаты измерений представлены в табл. 2.2 в мм. При заполнении таблицы округления ранее 7 знака (до 6 знака) не допускаются.

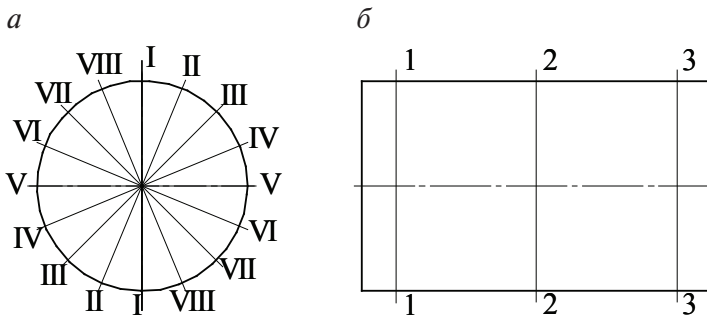


Рис. 2.3. Схема измерения диаметра детали:

a — в поперечном направлении; *b* — в продольном направлении

Таблица 2.2

Протокол результатов измерений, мм

№ измерения	Сечение		Результат измерения x_i , мм	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
	продольное	поперечное			
1	1–1	I–I	+0,12	–0,00792	0,0000627
2		II–II	+0,13	+0,00208	0,0000043
3		III–III	+0,13	+0,00208	0,0000043
4		IV–IV	+0,10	–0,02792	0,0007793
5		V–V	+0,14	+0,01208	0,0001460
6		VI–VI	+0,14	+0,01208	0,0001460
7		VII–VII	+0,12	–0,00792	0,0000627
8		VIII–VIII	+0,11	–0,01792	0,0003210
9	2–2	I–I	+0,13	+0,00208	0,0000043
10		II–II	+0,15	+0,02208	0,0004877
11		III–III	+0,14	+0,01208	0,0001460
12		IV–IV	+0,13	+0,00208	0,0000043
13		V–V	+0,12	–0,00792	0,0000627
14		VI–VI	+0,15	+0,02208	0,0004877
15		VII–VII	+0,13	+0,00208	0,0000043
16		VIII–VIII	+0,14	+0,01208	0,0001460

Окончание табл. 2.2

№ изме- рения	Сечение		Результат из- мерения x_i , мм	$x_i - \bar{x}$	$\left(x_i - \bar{x}\right)^2$
	продольное	поперечное			
17	3–3	I–I	+0,11	–0,01792	0,0003210
18		II–II	+0,13	+0,00208	0,0000043
19		III–III	+0,14	+0,01208	0,0001460
20		IV–IV	+0,11	–0,01792	0,0003210
21		V–V	+0,11	–0,01792	0,0003210
22		VI–VI	+0,14	+0,01208	0,0001460
23		VII–VII	+0,12	–0,00792	0,0000627
24		VIII–VIII	+0,13	+0,00208	0,0000043
Итого			$\sum_1^{24} 3,07$	—	$\sum_1^{24} 0,0041958$

2.4.7. Статистическая обработка результатов измерений

Полагаем, что значения измеряемой величины подчиняются нормальному закону распределения.

1. Определим оценку измеряемой величины — среднее арифметическое значение n результатов измерений

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i,$$

где \bar{x} — среднее арифметическое значение результатов измерений;

n — количество единичных измерений;

x_i — результат i -го единичного измерения.

В нашем случае

$$\bar{x} = \frac{3,07}{24} = 0,1279 \text{ мм.}$$

2. Определим среднее квадратическое отклонение результатов измерений, характеризующих рассеивание единичных результатов измерений около их среднего значения

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}.$$

$$\text{Отсюда } S_x = \sqrt{\frac{0,0041958}{23}} = 0,01351 \text{ мм.}$$

3. Выявим наличие сомнительных результатов.

Определим критерии Граббса G_1 и G_2 , предполагая, что наибольший $x_{\max} = +0,15$ мм или наименьший $x_{\min} = +0,10$ мм результаты измерений вызваны грубыми погрешностями измерений (промахами).

$$G_1 = \frac{|x_{\max} - \bar{x}|}{S_x}, G_2 = \frac{|\bar{x} - x_{\min}|}{S_x},$$

$$G_1 = \frac{0,15 - 0,1279}{0,01351} = 1,636, G_2 = \frac{0,1279 - 0,10}{0,01351} = 2,065.$$

В прил. 7, табл. П. 7.1 приведены теоретические значения критериев Граббса при выбранном уровне значимости q .

При числе измерений 24, уровне значимости q свыше 5 %:

$$G_{\text{табл}} = 2,802.$$

В нашем случае:

$G_1 = 1,665$, что меньше $G_{\text{табл}} = 2,802$. Значит, результат измерений $+0,15$ мм сохраняем в ряду результатов измерений.

$G_2 = 1,986$, что тоже меньше $G_{\text{табл}} = 2,802$. Значит, результат измерений $+0,10$ мм сохраняем в ряду измерений.

Если в протоколе измерений имеется несколько сомнительных результатов измерений и некоторые из них исключаются из протокола измерений, процедуру исключения сомнительных результатов продолжают, определяя новые значения среднего арифметического результата измерений \bar{x}_i и среднего квадратического отклонения результатов измерений S_x (в расчетах этих величин изменяется количество измерений). Затем определяют критерий Граббса для вновь проверяемых сомнительных результатов. Все вычисления производят до полного исключения сомнительных результатов.

4. Для определения доверительного результата измерения втулки определим среднее квадратическое отклонение среднего арифметического результатов измерений, так как средние арифметические значения результатов измерений \bar{x} при повторении серии измерений тоже имеют рассеивание.

Среднее квадратическое отклонение среднего арифметического значения результатов измерений определяется по следующей зависимости:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S_x}{\sqrt{n}}.$$

Таким образом,

$$S_{\bar{x}} = \frac{0,01351}{\sqrt{24}} = 0,002758 \text{ мм.}$$

5. Определим доверительный интервал результата измерений.

Если значение случайной величины x подчиняется нормальному закону распределения, то доверительный интервал симметричен относительно точечной оценки \bar{x} и определяется из таблицы значений интегральной функции Лапласа Φ_0 (см. прил. 7).

Нижняя граница доверительного результата измерений равна:

$$x_n = \bar{x} - x_{\text{табл}} \cdot S_{\bar{x}}.$$

Верхняя граница доверительного результата измерений равна:

$$x_v = \bar{x} + x_{\text{табл}} \cdot S_{\bar{x}},$$

где $x_{\text{табл}}$ — аргумент функции Лапласа, отвечающий вероятности $P/2$; $\pm x_{\text{табл}} \cdot S_{\bar{x}}$ — доверительные границы погрешности результата измерений.

Вычисление доверительных границ производится, как правило, с доверительной вероятностью $P = 0,90; 0,95; 0,99$. Принимаем доверительную вероятность $0,95$. Тогда вероятность $P/2$ будет равна $0,475$. Следовательно, $\Phi(x) = 0,475$.

По табл. П. 7.2 аргумент функции Лапласа для $\Phi(x) = 0,475$ равен $x_{\text{табл}} = 1,96$.

Отсюда:

- нижняя граница доверительного результата измерений будет равна:

$$x_n = \bar{x} - x_{\text{табл}} \cdot S_{\bar{x}} = 0,1279 - 1,96 \cdot 0,002758 = 0,122 \text{ мм.}$$

- верхняя граница доверительного интервала результата измерений равна:

$$x_v = \bar{x} + x_{\text{табл}} \cdot S_{\bar{x}} = 0,1279 + 1,96 \cdot 0,002758 = 0,133 \text{ мм.}$$

2.4.8. Формирование результата измерений

Производим формирование результата измерений:

- нижняя граница доверительного интервала результата измерений будет равна:

$$40,000 + 0,122 = 40,122 \text{ мм},$$

где 40,000 — размер блока концевых мер при настройке индикаторного нутромера;

- верхняя граница доверительного интервала результата измерений равна:

$$40,000 + 0,133 = 40,133 \text{ мм}.$$

Следовательно, доверительный интервал результата измерений для заданной детали

$$40,122 \text{ мм} < x < 40,133 \text{ мм}.$$

Примечание.

В случае если задан абсолютный метод измерения, при формировании результата не требуется производить вычисления, связанные с использованием размера блока концевых мер.

3. Лабораторная работа № 2

«Контроль деталей гладкими предельными калибрами. Контроль регулируемой калибра-скобы на измерительном микроскопе MarVision MM 220»

Измерения геометрических параметров деталей относятся к самым массовым и трудоемким контрольным операциям. Для обеспечения высокой производительности этих операций при контроле гладких цилиндрических поверхностей деталей широкое распространение получили калибры. Известно, что с помощью калибров осуществляется до 60–70 % цеховых контрольных операций.

Калибры для гладких поверхностей деталей используются при допусках размеров деталей, начиная с качества точности *IT6* и всех остальных более низких по точности качествах (*IT6–IT18*).

Для контроля валов используются главным образом калибры-скобы. По конструкции они могут быть нерегулируемыми односторонними (рис. 3.1), двухсторонними (рис. 3.2) и регулируемыми (рис. 3.3).

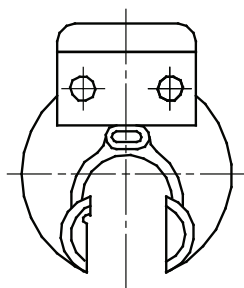


Рис. 3.1. Калибр-скоба нерегулируемая односторонняя двухпредельная

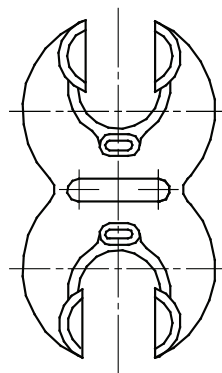


Рис. 3.2. Калибр-скоба нерегулируемая двухсторонняя

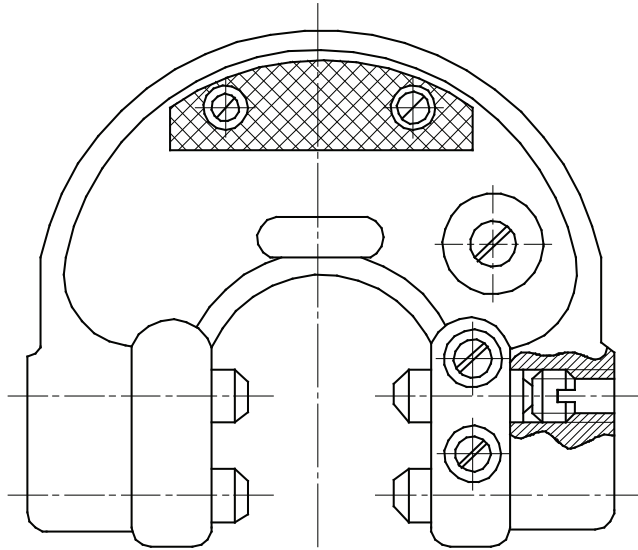


Рис. 3.3. Калибр-скоба регулируемая

Для контроля отверстий используются калибры-пробки (рис. 3.4).

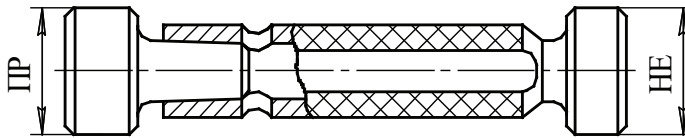


Рис. 3.4. Калибр-пробка

С помощью калибров нельзя определить действительные размеры детали, а можно только установить, что действительные размеры (размеры готовой детали) не вышли или, наоборот, вышли за предельные (допустимые) размеры. На рис. 3.5 показана схема контроля цилиндрических поверхностей деталей предельными калибрами скобами и пробками.

Обозначения на схеме (рис. 3.5):

- D_{\max} — максимальный предельный размер отверстия;
- D_{\min} — минимальный предельный размер отверстия;
- T_D — допуск отверстия;
- d_{\max} — максимальный предельный размер вала;
- d_{\min} — минимальный предельный размер вала;
- T_d — допуск вала.

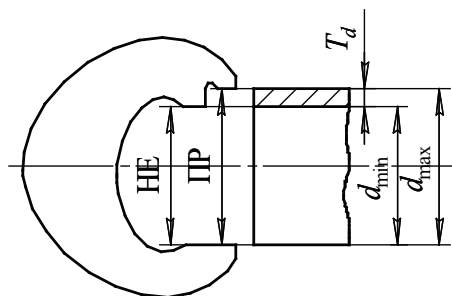
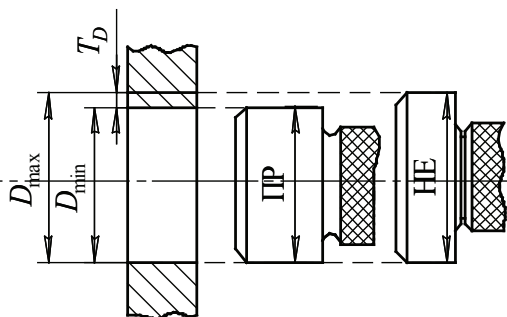
a*б*

Рис. 3.5. Схема контроля цилиндрических поверхностей деталей гладкими предельными калибрами:

a — калибр-скоба; *б* — калибр-пробка

Для контроля по обеим границам размера детали необходима пара калибров: один из них должен входить в сопряжение с контролируемой деталью (проходные калибры ПР на рис. 3.5), а другой не должен входить (непроходные калибры НЕ на рис. 3.5). Это значит, что деталь считается годной, если проходной конец калибра-скобы ПР заходит на вал, а непроходной конец НЕ не заходит. Для калибров-пробок: проходная сторона калибра-пробки ПР входит в отверстие контролируемой детали, а непроходная сторона НЕ не входит в контролируемое отверстие.

Правильность настройки регулируемой калибра-скобы можно проверить с помощью универсальных измерительных средств. В данной лабораторной работе правильность настройки будет осуществляться с помощью электронного измерительного микроскопа *MarVision MM 220*. Процедура проверки правильности настройки скобы (аттестация скобы) в данном случае будет называться калибровкой скобы.

Калибровка — это совокупность операций, выполняемых с целью определения и подтверждения действительных значений измеряемой величины. В нашем случае будет производиться калибровка настроенной калибра-скобы, то есть будут определяться размеры проходного ПР и непроходного НЕ концов скобы.

3.1. Задачи лабораторной работы

1. Познакомиться с настройкой гладкой регулируемой калибра-скобы для контроля заданных деталей.
2. Познакомиться с методикой контроля деталей калибрами-скобами.
3. Познакомиться с методом калибровки размеров скобы на электронном измерительном микроскопе *MarVision MM 220*.

3.2. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Получить задание у преподавателя.
2. По заданию преподавателя построить схему расположения полей допусков рабочих (ПР, НЕ) и контрольных (К-ПР, К-НЕ) калибров для настройки гладкой регулируемой скобы на заданный размер.
3. Рассчитать предельные размеры заданной детали и предельные и средние размеры рабочих (ПР, НЕ) и контрольных (К-ПР, К-НЕ) калибров.
4. По рассчитанным средним размерам контрольных калибров К-ПР и К-НЕ набрать блоки концевых мер для настройки проходного ПР и непроходного НЕ концов скобы.
5. Настроить скобу для контроля заданных деталей.
6. Проконтролировать партию заданных деталей, разделив их на следующие группы: годные, брак исправимый и брак неисправимый.
7. Под руководством преподавателя настроить электронный измерительный микроскоп *MarVision MM 220* для аттестации (калибровки) калибра-скобы.
8. Произвести калибровку настроенной калибра-скобы.
9. Оформить отчет (см. прил. 4).

3.3. Исходные данные

Преподаватель выдает студенту 6 деталей одного и того же диаметра и называет конкретный размер (размер с основным отклонением) одной из них, например, $\varnothing 32h6$. Это значит, что одна или несколько деталей из заданной группы имеют такой размер. Если регулируемая калибр-скоба будет настроена правильно, эти детали при контроле будут выявлены. Они считаются годными. Остальные детали группы распределятся на брак исправимый и брак неисправимый.

Все детали группы имеют номерную маркировку.

3.4. Пример выполнения работы

3.4.1. Задание

1. Настроить регулируемую калибр-скобу для контроля деталей размером $\varnothing 32h6$.
2. Произвести калибровку скобы (проверить правильность размеров проходного ПР и непроходного НЕ концов скобы) на измерительном микроскопе.

3.4.2. Расчет размеров контролируемой детали и размеров рабочих ПР, НЕ и контрольных К-ПР, К-НЕ калибров

Для настройки скобы и ее аттестации на микроскопе необходимо построить схему расположения полей допусков рабочих и контрольных калибров для контроля деталей заданного размера по ГОСТ 24853–81 «Калибры гладкие для размеров до 500 мм. Допуски».

Расположение полей допусков и отклонений относительно полей допусков изделий для валов до 180 мм показано на рис. 3.6.

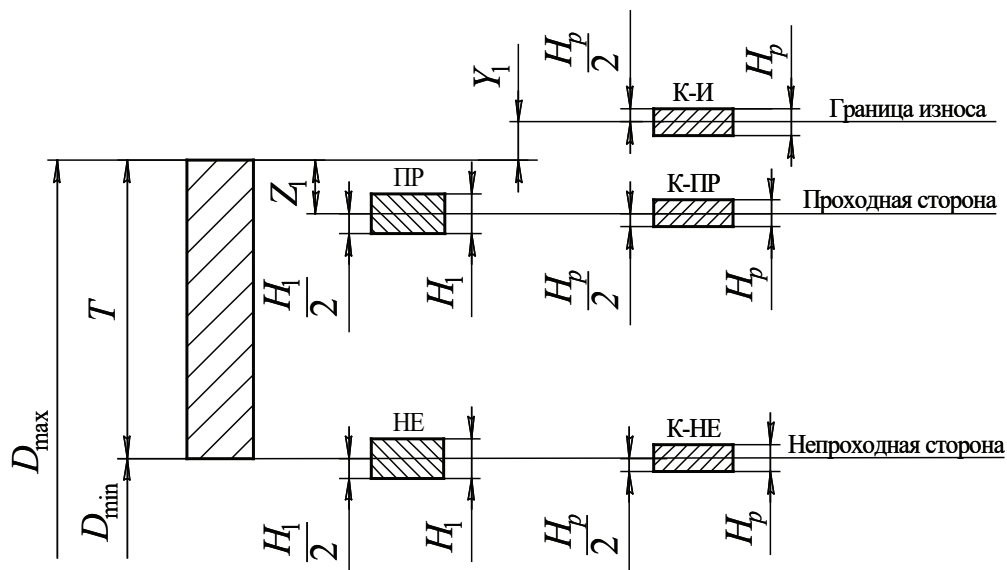


Рис. 3.6. Схема расположения полей допусков для калибров-скоб

Особенность построения схемы: схема расположения полей допусков для рабочих калибров ПР и НЕ и контрольных калибров К-ПР и К-НЕ строится относительно границ поля допуска контролируемой детали, а не относительно номинального размера детали.

Для построения схемы расположения полей допусков студенту выдаются таблицы предельных отклонений для размеров валов и калибров.

На рис. 3.6 приведена общая схема расположения полей допусков калибров, выполненная согласно ГОСТ 24253–81 «Калибры гладкие для размеров до 500 мм. Допуски».

Построим схему расположения полей допусков для заданного размера детали $\varnothing 32h6$. Согласно ГОСТ 25347–82 «Единая система допусков и посадок. Поля допусков и рекомендуемые посадки» заданный размер с предельными отклонениями будет: $\varnothing 32h6_{(-0,016)} \text{ мм}$.

Производим расчет предельных размеров вала:

- максимальный диаметр вала: $d_{\max} = 32,000 \text{ мм}$;
- минимальный диаметр вала: $d_{\min} = 31,984 \text{ мм}$;
- допуск вала: $T_d = 0,016 \text{ мм}$.

Для построения схемы выбираем из табл. П. 7.3 допуски и предельные отклонения для размеров калибров по ГОСТ 24853–81 в табл. 3.1

значения необходимых параметров в соответствии с качеством заданного размера детали:

Таблица 3.1

**Значения параметров для построения схемы расположения полей допусков
калибра-скобы**

Параметр	Значения параметров, мкм	Значения параметров, мм
Z	2,5	0,0025
Y	2	0,002
α, α_1	0	0
Z_1	3,5	0,0035
Y_1	3	0,003
H, H_S	2,5	0,0025
H_1	4	0,004
H_P	1,5	0,0015

На основании рис. 3.6 и табл. 3.1 строим схему расположения полей допусков рабочих и контрольных калибров.

Особенность построения схемы для регулируемой калибра-скобы: поле допуска контрольного калибра К-И, предназначенного для оценки степени изношенности скобы, можно не строить и не обозначать, так как скоба регулируемая, износ концов скобы компенсируется ее настройкой на нужный размер, то есть перемещением подвижных наконечников.

После подстановки числовых значений d_{\max} , d_{\min} , Z_1 , H_1 и H_P в схему расположения полей допусков получаем рабочую схему для расчета размеров калибра (см. рис. 3.7).

Пользуясь схемой расположения полей допусков, очень удобно рассчитывать размеры калибров.

Рабочие калибры:

- наибольший размер проходного калибра-скобы:

$$ПР_{\max} = d_{\max} - Z_1 + H_1/2 = 32,000 - 0,0035 + 0,002 = 31,9985 \text{ мм};$$

- наименьший размер проходного калибра-скобы:

$$ПР_{\min} = ПР_{\max} - H_1 = 31,9985 - 0,004 = 31,9945 \text{ мм};$$

- наибольший размер непроходного калибра-скобы:

$$НЕ_{\max} = d_{\min} + H_1/2 = 31,984 + 0,002 = 31,986 \text{ мм};$$

- наименьший размер непроходного калибра-скобы:

$$HE_{\min} = HE_{\max} - H_1 = 31,986 - 0,004 = 31,982 \text{ мм.}$$

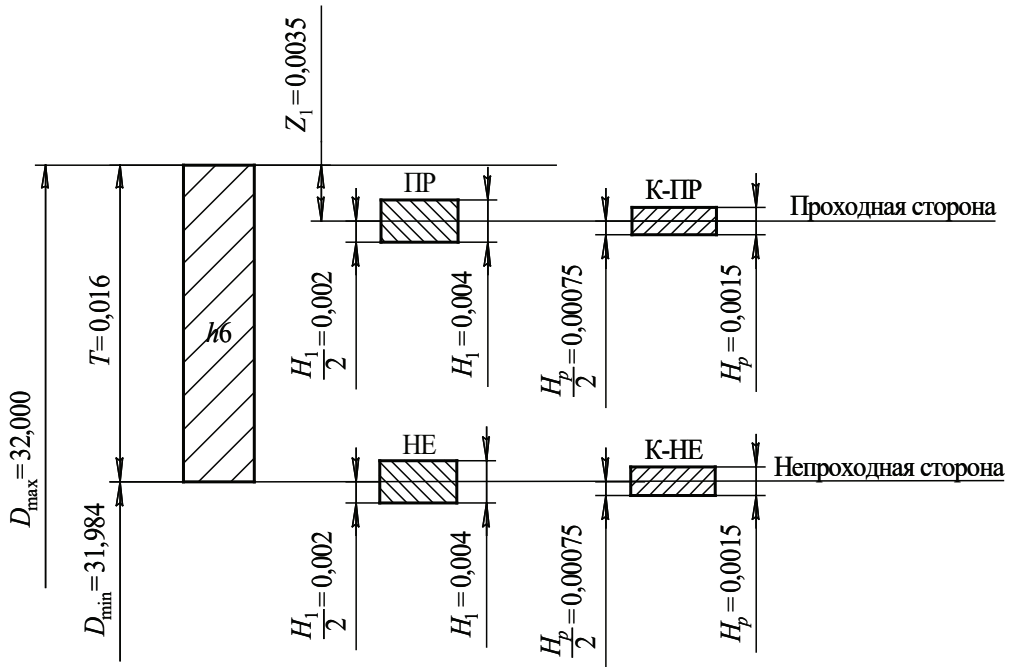


Рис. 3.7. Схема расположения полей допусков рабочих ПР, НЕ и контрольных калибров К-ПР и К-НЕ для вала $\varnothing 32h6_{(-0,016)}$ мм

Контрольные калибры:

- наибольший размер проходного калибра-скобы:

$$К-ПР_{\max} = d_{\max} - Z_1 + H_p/2 = 32,000 - 0,0035 + 0,00075 = 31,99725 \text{ мм.}$$

Округляем до 0,5 мкм в сторону уменьшения производственного допуска на изделие, т.е. $К-ПР_{\max} = 31,997 \text{ мм.}$

- наименьший размер проходного калибра-скобы:

$$К-ПР_{\min} = К-ПР_{\max} - H_p = 31,997 - 0,0015 = 31,9955 \text{ мм;}$$

- наибольший размер непроходного калибра-скобы:

$$К-НЕ_{\max} = d_{\min} + H_p/2 = 31,984 + 0,00075 = 31,98475 \text{ мм.}$$

Округляем до 0,5 мкм в сторону уменьшения производственного допуска на изделие, т. е. $K-HE_{\max} = 31,985$ мм;

- наименьший размер непроходного калибра-скобы:

$$K-HE_{\min} = K-HE_{\max} - H_p = 31,985 - 0,0015 = 31,9835 \text{ мм.}$$

Полученные данные заносим в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Размеры детали (вала), рабочих калибров-скоб и контрольных калибров для настройки калибра-скобы, мм

Размеры	Детали	Калибры			
		Рабочие		Контрольные	
		ПР	НЕ	К-ПР	К-НЕ
Наибольший	32,000	31,9985	31,986	31,997	31,985
Наименьший	31,984	31,9945	31,982	31,9955	31,9835
Средний	31,992	31,9965	31,984	32,996	31,9843

3.4.3. Настройка регулируемой калибра-скобы для контроля детали

3.4.3.1. Конструкция калибра-скобы

Конструкция регулируемой калибра-скобы показана на рис. 3.8. На рис. 3.9 показано устройство калибра-скобы.

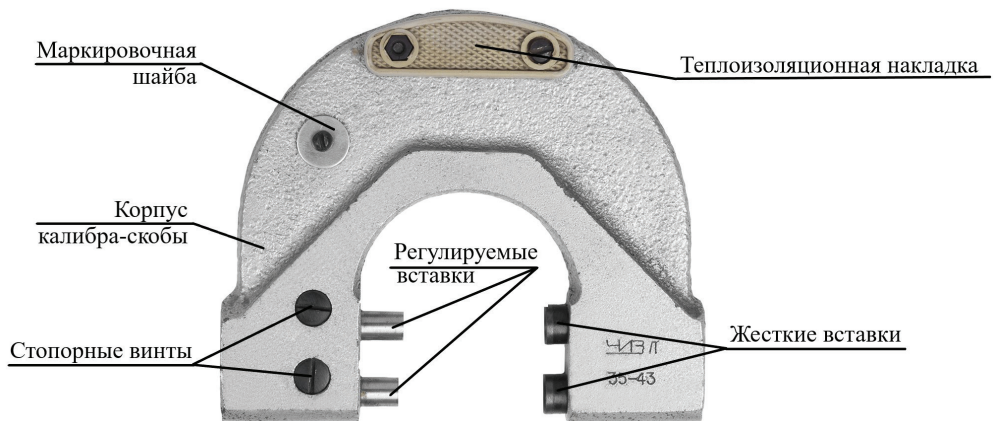


Рис. 3.8. Регулируемая калибр-скоба

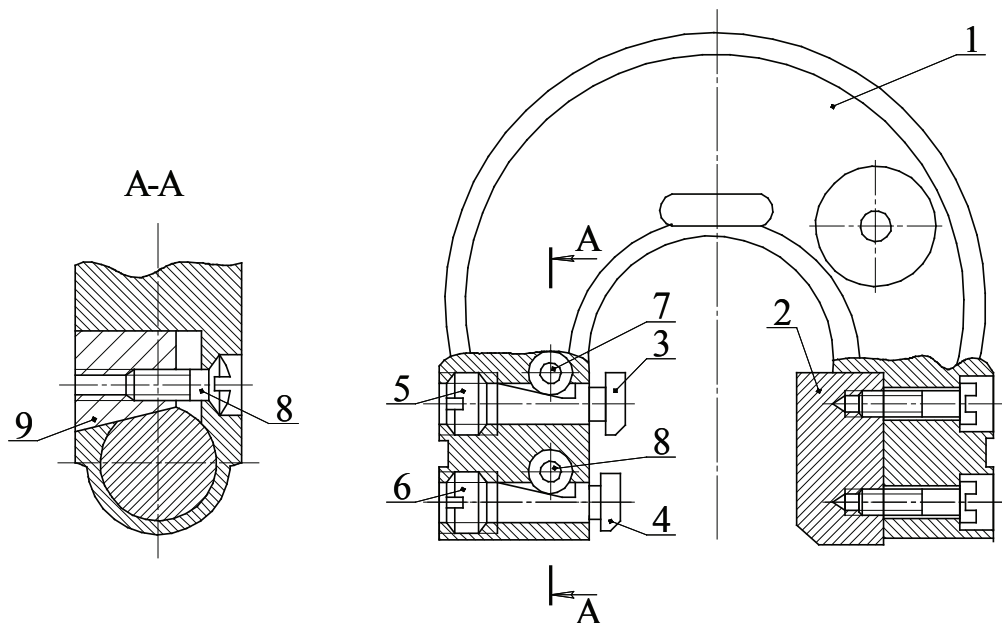


Рис. 3.9. Устройство регулируемой калибра-скобы:

1 — корпус скобы; 2 — жесткие вставки; 3, 4 — регулируемые вставки;
5, 6 — регулировочные винты; 7, 8 — стопорные винты; 9 — клиновидная втулка

В сечении А-А устройства скобы показана конструкция стопорного устройства. Для того чтобы регулируемые вставки не выпадали, их закрепляют с помощью клиновидной втулки 9. Вставки имеют лыску, которая при установке вставок должна сопрягаться с плоской поверхностью клиновидной втулки. Сопрягающаяся пара в этом положении закрепляется стопорным винтом 7 (или 8 в зависимости от того, какой конец скобы настраивается).

3.4.3.2. Принцип настройки калибра-скобы

Для настройки калибра-скобы необходимо набрать блоки плоско-параллельных концевых мер. Для проходного конца скобы блок концевых мер набирается по среднему размеру контрольного калибра К-ПР, для непроходного конца НЕ — по среднему размеру контрольного калибра К-НЕ. На рис. 3.10 показан принцип настройки регулируемой калибра-скобы на заданный размер.

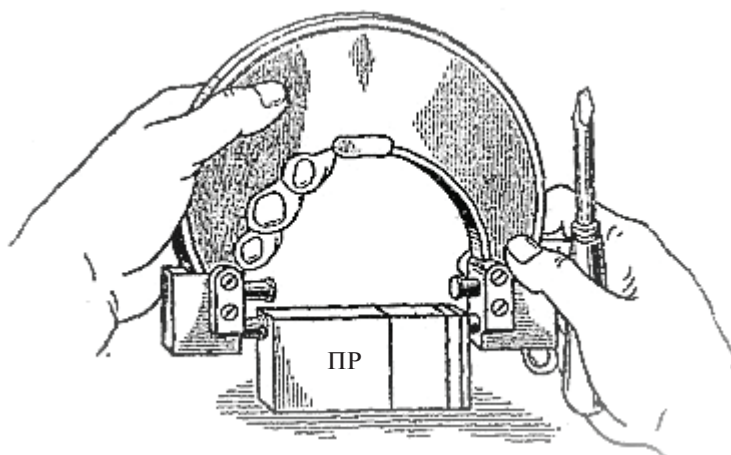


Рис. 3.10. Настройка регулируемой калибра-скобы на заданный размер [2]

Блок концевых мер набирается из наборов плоскопараллельных концевых мер. При выполнении лабораторной работы потребуется 2 набора концевых мер. В одном из них находятся концевые меры, выполненные с точностью до микрометра (рис. 3.11).

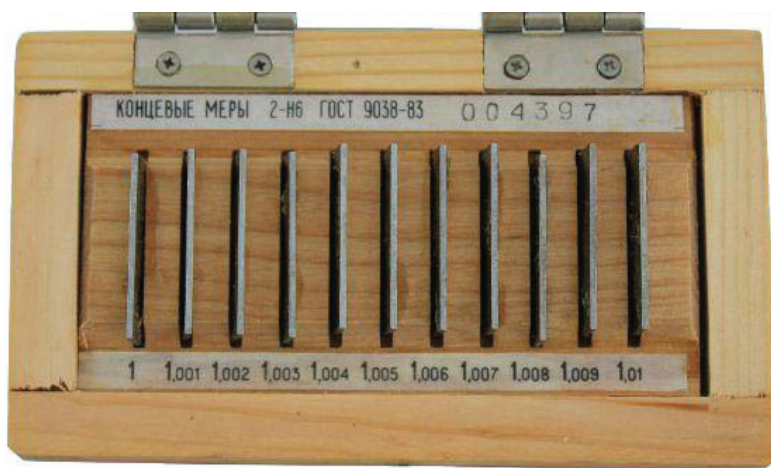


Рис. 3.11. Плоскопараллельные концевые меры высокой точности

Во втором наборе (см. рис. 3.12) находятся концевые меры длины от 1 до 100 мм.



Рис. 3.12. Плоскопараллельные концевые меры длины [3]

3.4.3.3. Набор блоков плоскопараллельных концевых мер

Как указывалось выше, блоки концевых мер набираются по среднему размеру контрольного калибра. В нашем случае средний размер контрольного калибра К-ПР для настройки проходного конца скобы ПР будет равен 31,996 мм, средний размер контрольного калибра К-НЕ для настройки непроходного конца скобы НЕ будет равен 31,984 мм.

Начинать настройку скобы удобнее с ее непроходного конца, чтобы не повредить настройку проходного конца скобы. Рассмотрим на примере, как это сделать. Плоскопараллельные концевые меры надо подбирать, начиная с младшего разряда. В нашем наборе (рис. 3.11) есть концевая мера 1,004 мм. Эту цифру вычитаем из среднего размера. $31,984 - 1,004 = 30,98$ мм. Переходим к большому набору концевых мер. Теперь нужна концевая мера с 0,08 мм. В наборе есть плитка размером 1,08 мм. Вычитаем эту величину из размера 30,98 мм. $30,98 - 1,08 = 29,9$ мм. Следующая концевая мера в нашем случае 1,9 мм. Вычитаем эту цифру из размера 29,9 мм. Остается размер 28 мм. В наборе есть концевые меры длины 8 мм и 20 мм. В табл. 3.3 приведе-

ны размеры концевых мер для контрольных калибров К-ПР и К-НЕ и необходимые для настройки проходного ПР и непроходного НЕ концов скобы концевые меры.

Таблица 3.3

Размеры концевых мер для контрольных калибров

Контрольный калибр К-ПР		Контрольный калибр К-НЕ	
Размер, мм	31,996	Размер, мм	31,984
Концевые меры в наборе	1,006	Концевые меры в наборе	1,004
	1,09		1,08
	1,9		1,9
	8		8
	20		20

Плитки соответствующего набора нужно объединить в блок. Каждую плитку нужно протереть чистой салфеткой. Концевые меры из набора нужно брать за нерабочие поверхности, не прикасаясь к измерительным поверхностям.

Для того чтобы притереть плитки друг к другу, нужно одну плитку положить на другую так, чтобы верхняя плитка (меньшего размера) легла примерно на треть длины рабочей поверхности плитки большего размера. Затем, достаточно плотно прижимая их, сдвинуть верхнюю плитку относительно нижней. Если после этого блок не распадется, концевые меры считаются притертыми.

3.4.3.4. Настройка скобы на проходной и непроходной размер

Настройка непроходного конца скобы НЕ:

1. Набрать блок концевых мер для контрольного калибра К-НЕ.
2. Ослабить отверткой стопорный винт 7 скобы (см. рис. 3.9). Нажатием на него пальцем ослабить клиновой зажим стопорного устройства. Втулка 9 должна переместиться вниз.
3. Ослабить регулировочный винт 5 скобы. Сместить вставку 3 так, чтобы между вставками 2 и 3 разместился блок концевых мер, набранный для калибра К-НЕ. Установить блок концевых мер между вставками 2 и 3 (см. рис. 3.10). На рис. 3.10 производится настройка проходного конца скобы ПР.
4. Осторожным вращением регулировочного винта 5 подать регулируемую вставку 3 до соприкосновения с блоком концевых

мер. Блок концевых мер между вставками должен проходить с небольшим усилием. Затягивать до отказа регулировочный винт 5 нельзя, так как при такой затяжке можно повредить плитки, которые должны быть извлечены для настройки проходного конца скобы.

5. Осторожным вращением закрепить стопорный винт 7.
6. Очень аккуратно извлечь блок концевых мер из раствора нако-
нечников скобы.

Настройка проходного конца скобы ПР:

После использования набора концевых мер для непроходного конца скобы НЕ блок можно разобрать для использования некоторых концевых мер при настройке проходного конца скобы ПР.

1. Набрать блок концевых мер для контрольного калибра К-ПР.
2. Ослабить отверткой стопорный винт 8 скобы (см. рис. 3.9). Нажатием на него пальцем ослабить клиновой зажим стопорного устройства. Втулка 9 должна переместиться вниз.
3. Ослабить регулировочный винт 6 скобы. Сместить вставку 4 так, чтобы между вставками 2 и 4 разместился блок концевых мер, набранный для калибра К-ПР. Установить блок концевых мер между вставками 2 и 4 (см. рис. 3.11).
4. Осторожным вращением регулировочного винта 6 подать регулируемую вставку 4 до соприкосновения с блоком концевых мер. Блок концевых мер между вставками должен проходить с небольшим усилием. Затягивать до отказа регулировочный винт 6 нельзя, так как при такой затяжке можно повредить плитки.
5. Осторожным вращением закрепить стопорный винт 8.
6. Очень аккуратно извлечь блок концевых мер из раствора нако-
нечников скобы.

3.4.4. Контроль деталей калибром-скобой

Контроль деталей калибром-скобой имеет некоторые особенности. Это связано со следующим. При проектировании калибров для гладких, резьбовых и других деталей нужно выполнять принцип подобия Тейлора. Согласно этому принципу проходные калибры должны по форме являться прототипом сопрягаемой детали. Если этот прин-

цип соблюдается, создается возможность контролировать не только размеры детали, но и отклонения формы поверхностей детали. Этот принцип соблюдается при контроле отверстий калибрами-пробками. Для контроля валов согласно принципу Тейлора калибры должны иметь форму колец с отверстием. Такие калибры-кольца изготавливаются на ведущих инструментальных заводах страны (рис. 3.13).

Но на практике приходится отступать от принципа Тейлора вследствие неудобства контроля деталей, обрабатываемых в центрах, калибрами-кольцами. Деталь приходится снимать, затем устанавливать. Это противоречит одному из принципов правильного базирования деталей для получения заданных размеров. Нарушается принцип постоянства баз. Поэтому вместо калибров-колец используют калибры-скобы. Но при контроле детали калибром-скобой контроль должен быть многократным (скобу надо заводить на деталь несколько раз в разных сечениях), а измерительные поверхности скобы должны быть достаточно большими.

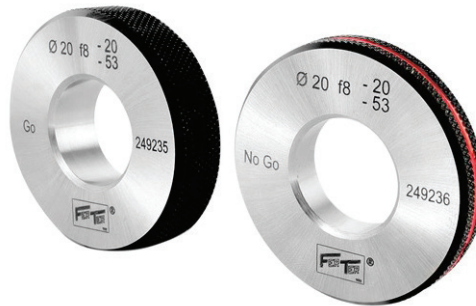


Рис. 3.13. Калибры-кольца для контроля гладких цилиндрических поверхностей [4]

В настоящей лабораторной работе студентам предлагается несколько деталей для контроля настроенной калибром-скобой. На рис. 3.14 показана схема контроля деталей калибрами.

Таким образом, каждую предложенную деталь нужно проконтролировать калибром-скобой 3–4 раза предпочтительно в сечении 2. Если есть сомнения в годности детали, можно выполнить контроль в сечениях 1 и 3.

Положение калибра-скобы при контроле должно быть таким, как показано на рис. 3.15. Деталь в раствор вставок скобы нужно вводить

осторожно, без усилия, лучше под действием собственного веса. Результаты контроля деталей сводятся в табличную форму:

Результаты контроля партии деталей калибром-скобой

Контролируемые детали	Номер детали
Годные	
Брак исправимый	
Брак неисправимый	

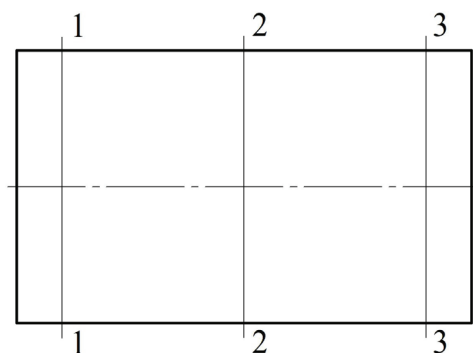


Рис. 3.14. Схема контроля цилиндрической детали калибром-скобой

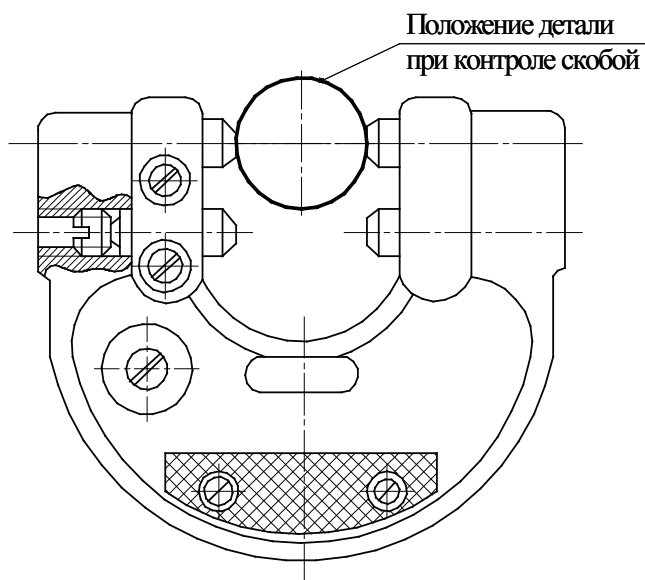


Рис. 3.15. Контроль детали калибром-скобой

3.4.5. Калибровка (аттестация) настроенной регулируемой калибра-скобы

Внимание! Эта часть работы выполняется под руководством преподавателя, ведущего занятие.

Калибровка настроенной регулируемой калибра-скобы будет производиться на микроскопе *MarVision MM 220*. На рис. 3.16 представлено устройство электронного измерительного микроскопа *MarVision MM 220*.



Рис. 3.16. Электронный измерительный микроскоп *MarVision MM 220* [4]

Порядок выполнения калибровки калибр-скобы:

1. Подготовить микроскоп к измерению детали: удалить чехол, протереть рабочий стол, подключить микроскоп к сети.
2. Занести размеры контрольных калибров К-ПР и К-НЕ из табл. 3.2 в табл. 3.4.
3. Установить настроенную калибр-скобу на столе микроскопа в рабочее положение.

4. Проверить установленные единицы измерения (рис. 3.17, рис. 3.18). Если единицы измерения отличаются от «мм», то необходимо нажать на клавишу меню «2» и выбрать единицу измерения — миллиметры.



Рис. 3.17. Устройство управления и индикации [4]

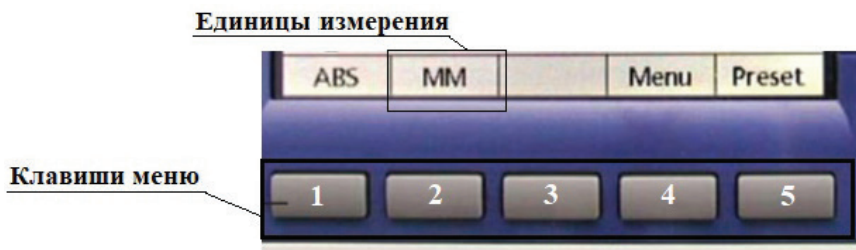


Рис. 3.18. Клавиши меню устройства управления и индикации [4]

5. Установить центр объектива в начальную точку измеряемого размера ПР (вставка 3) при помощи быстрого и тонкого перемещения стола (рис. 3.19).
6. Обнулить числовые значения осей при помощи клавиш «Обнуление числовых значений осей» (рис. 3.17).
7. Переместить центр объектива в конечную точку измеряемого размера ПР (вставка 5) при помощи быстрого и тонкого перемещения стола (рис. 3.19).

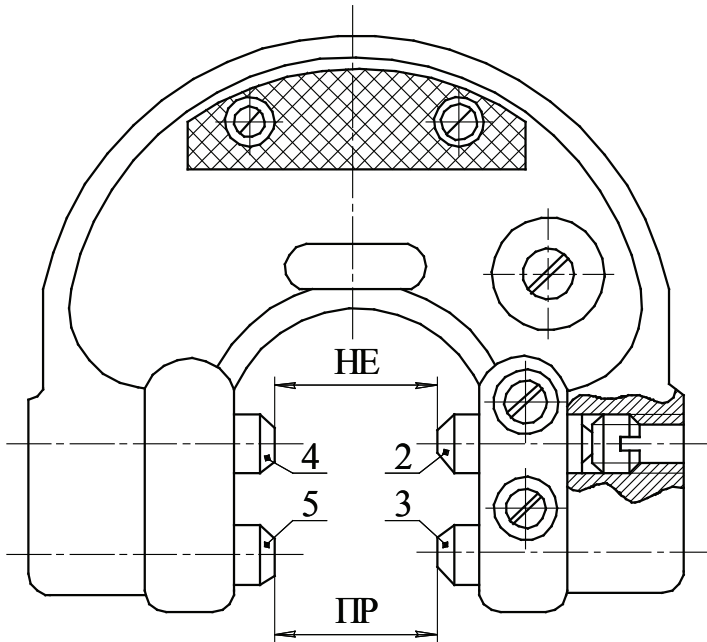


Рис. 3.19. Эскиз для калибровки калибра-скобы

8. Результаты измерения с монитора устройства управления и индикации занести в табл. 3.4 в столбец К-ПР.
9. Сравнить полученное значение размера ПР контролируемой калибра-скобы с рассчитанными значениями К-ПР. Если полученное значение размера ПР попадает в интервал между наименьшим и наибольшим размером К-ПР, то настройка размера ПР контролируемой калибра-скобы соответствует требованиям.
10. Установить центр объектива в начальную точку измеряемого размера НЕ (вставка 2) при помощи быстрого и тонкого перемещения стола (рис. 3.19).
11. Обнулить числовые значения осей при помощи клавиш «Обнуление числовых значений осей» (рис. 3.17).
12. Переместить центр объектива в конечную точку измеряемого размера НЕ (вставка 4) при помощи быстрого и тонкого перемещения стола (рис. 3.19).
13. Результаты измерения с монитора устройства управления и индикации занести в табл. 3.4 в столбец К-НЕ.
14. Сравнить полученное значение размера НЕ контролируемой калибра-скобы с рассчитанными значениями К-НЕ. Если получен-

ное значение размера НЕ попадает в интервал между наименьшим и наибольшим размером К-НЕ, то настройка размера НЕ контролируемой калибра-скобы соответствует требованиям.

Таблица 3.4

Протокол измерения скобы на измерительном микроскопе, мм

Параметр	К-ПР		К-НЕ	
	Наиболь- ший	Наимень- ший	Наиболь- ший	Наимень- ший
Рассчитанный размер контрольного калибра				
Измеренный размер скобы				
Заключение о соответствии				

4. Лабораторная работа № 3

«Обработка результатов многократных неравноточных измерений»

Область измерений в технике относится к метрологии. Метрология — наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Точность обработки деталей оценивается получаемыми в процессе обработки погрешностями — отклонениями размера. Измерение размера детали — это определение числовых значений получаемых реальных размеров детали и отклонений размеров детали.

В условиях производства технические измерения могут быть однократными, многократными, равноточными, неравноточными, абсолютными и относительными.

Непосредственно на рабочем месте или при летучем контроле целесообразны однократные измерения заданного размера детали. Но если точность выпускаемой продукции требует специальной оценки (например, с целью отладки производства деталей с точными размерами), выполняются метрологические измерения. Это многократные измерения.

Неравноточные измерения — это измерения одной и той же физической величины, выполненные с различной точностью, разными приборами, в различных условиях, различными исследователями. Например, при производстве одних и тех же ответственных деталей на нескольких производственных площадках.

При равноточных измерениях используются приборы с одной точностью.

Абсолютное измерение основано на прямых измерениях величины. Прямое измерение — измерение, при котором искомое значение результата находят непосредственно по показаниям средства измерения.

Относительное измерение — это измерение величины по отношению к одноименной величине, принимаемой за исходную.

Следовательно, при относительном методе измерений прибор показывает отклонение размера от величины эталона — блока концевых мер. Это отклонение может быть положительным и отрицательным.

Полученные результаты затем обрабатываются в зависимости от целей измерения.

4.1. Задачи лабораторной работы

1. Научиться обрабатывать результаты многократных неравноточных измерений.
2. Научиться правильно выбирать и настраивать средства измерения.
3. Познакомиться с порядком измерения и определения показаний измерения.

4.2. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Получить исходные данные.
2. Выбрать средства измерений.
3. Познакомиться с настройкой приборов для измерения деталей абсолютным и относительным методами.
4. Выполнить по заданию преподавателя измерения детали абсолютным и относительным методами.
5. Произвести обработку результатов метрологических измерений для определения доверительных погрешностей результата измерений.
6. Оформить отчет (см. прил. 5).

4.3. Исходные данные

Для проведения измерений необходимо получить задание:

- деталь для измерения с указанием измеряемого параметра;
- средства измерения детали, соответствующие заданному параметру.

Для неравноточных измерений детали в данной лабораторной работе студенту выдаются три разных средства измерений с ценой деления от 0,01 мм до 0,001 мм.

4.4. Последовательность обработки результатов многократных неравноточных измерений

1. Записать исходные данные: эскиз измеряемой детали с указанием измеряемого размера, измеряемый параметр.
2. Привести описание средства измерения для **первой серии** измерений в следующей последовательности:
 - марка, модель, фирма-изготовитель;
 - метрологические характеристики прибора: цена деления, диапазон измерения, предел допускаемой погрешности;
 - метод измерения: абсолютный, относительный;
 - набор концевых мер: номер, класс (для приборов относительного метода измерения).
3. Познакомиться с правилами настройки заданного прибора по прилагаемой инструкции (см. раздел Б).
4. Произвести настройку заданного прибора в соответствии с порядком его настройки (см. раздел Б).
5. Познакомиться с правилами отсчета показаний заданного прибора согласно инструкции (см. раздел Б).
6. Заполнить протокол результатов первой серии измерений.
7. Определить среднее арифметическое результатов первой серии измерений по формуле (4.1)

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (4.1)$$

где \bar{x} — среднее арифметическое значение результатов измерений;

n — количество единичных измерений;

x_i — результат i -го единичного измерения.

8. Определить среднее квадратическое отклонение результатов первой серии измерений, характеризующих рассеивание единичных результатов измерений около их среднего значения, по формуле (4.2)

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}. \quad (4.2)$$

9. Привести описание средства измерения для **второй серии** измерений в следующей последовательности:
 - марка, модель, фирма-изготовитель;
 - метрологические характеристики прибора: цена деления, диапазон измерения, предел допускаемой погрешности;
 - метод измерения: абсолютный, относительный;
 - набор концевых мер: номер, класс (для приборов относительного метода измерения).
10. Познакомиться с правилами настройки заданного прибора по прилагаемой инструкции (см. раздел Б).
11. Произвести настройку заданного прибора в соответствии с порядком его настройки (см. раздел Б).
12. Познакомиться с правилами отсчета показаний заданного прибора согласно инструкции (см. раздел Б).
13. Заполнить протокол результатов второй серии измерений.
14. Определить среднее арифметическое результатов второй серии измерений по формуле (4.1).
15. Определить среднее квадратическое отклонение результатов второй серии измерений, характеризующих рассеивание единичных результатов измерений около их среднего значения, по формуле (4.2).
16. Привести описание средства измерения для **третьей серии** измерений в следующей последовательности:
 - марка, модель, фирма-изготовитель;
 - метрологические характеристики прибора: цена деления, диапазон измерения, предел допускаемой погрешности;
 - метод измерения: абсолютный, относительный.
 - набор концевых мер: номер, класс (для приборов относительного метода измерения).
17. Познакомиться с правилами настройки заданного прибора по прилагаемой инструкции (см. раздел Б).
18. Произвести настройку заданного прибора в соответствии с порядком его настройки (см. раздел Б).
19. Познакомиться с правилами отсчета показаний заданного прибора согласно инструкции (см. раздел Б).

20. Заполнить протокол результатов третьей серии измерений.
21. Определить среднее арифметическое результатов третьей серии измерений по формуле (4.1).
22. Определить среднее квадратическое отклонение результатов третьей серии измерений, характеризующих рассеивание единичных результатов измерений около их среднего значения, по формуле (4.2).
23. Определить вес каждой серии равноточных измерений (g_1, g_2, g_3), решив систему уравнений (4.3),

$$\begin{cases} g_i = \frac{n}{S_{x_i}^2} C, \\ \sum_{i=1}^m g_i = 1, \end{cases} \quad (4.3)$$

где m — число серий равноточных измерений;

g_i — вес i -й серии равноточных измерений;

C — коэффициент. Любое положительное число, отличное от нуля.

24. Определить среднее взвешенное значение средних арифметических значений результатов измерений по формуле (4.4)

$$\bar{x}_B = \frac{\sum_{i=1}^m (g_i \cdot \bar{x}_i)}{\sum_{i=1}^m g_i}, \quad (4.4)$$

где m — число серий равноточных измерений.

25. Определить среднее квадратическое отклонение среднего взвешенного значения результатов измерений по формуле (4.5)

$$S_{x_B}^- = \sqrt{\frac{C}{\sum_{i=1}^m g_i}}. \quad (4.5)$$

26. Определить доверительные границы случайной погрешности результата измерения по формуле (4.6)

$$\varepsilon = \pm t_{p,n} \cdot S_{x_B}^-, \quad (4.6)$$

где $t_{p,n}$ — коэффициент Стьюдента, зависит от количества измерений и доверительной вероятности (см. табл. П. 7.4).

27. Определить доверительные границы погрешности результата измерения.

Так как согласно условию задачи случайные составляющие погрешности измерения пренебрежительно малы, по ГОСТ Р 8.736–2011 в качестве границ неисключенной систематической погрешности можно принять доверительные границы случайной погрешности оценки измеряемой величины ε . Граница погрешности результата измерений вычисляется по формуле

$$\Delta = \pm \varepsilon. \quad (4.7)$$

28. Записать результат измеряемой величины в стандартной форме

$$A = \bar{x}_B \pm \Delta, P. \quad (4.8)$$

4.5. Пример обработки результатов многократных неравноточных измерений

4.5.1. Исходные данные

Произведены восемь измерений наружного диаметра втулки тремя средствами измерения разной точности. Эскиз измеряемой детали и измеряемый размер (D) представлены на рис. 4.1. Номинальный размер (настроечный размер) наружного диаметра втулки равен 81 мм. Схема измерения детали представлена на рис. 4.2.

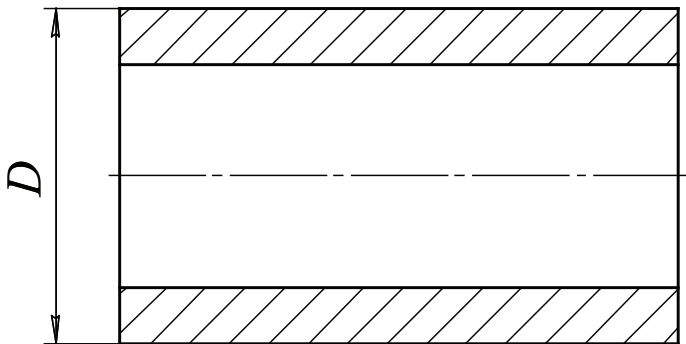


Рис. 4.1. Эскиз детали

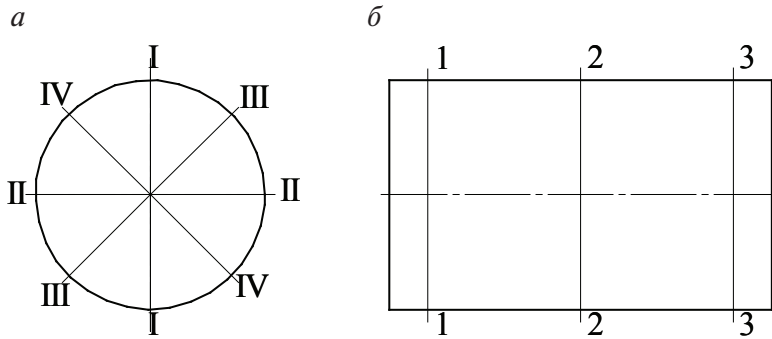


Рис. 4.2. Схема измерения детали:

a — в поперечном направлении; *б* — в продольном направлении

Принимаем следующие условия измерений:

- температура в помещении, где проводятся измерения, — 20°C ;
- температуру детали, измерительного средства и концевой меры длины выравняем с температурой помещения, выдерживая их длительное время на поверочной плите. Считаем, что систематические погрешности, связанные с изменениями температуры, пренебрежительно малы;
- погрешности метода измерения от измерительного усилия Δ_y и субъективные погрешности измерения Δ_c также пренебрежительно малы.

Считаем, что получаемые при измерениях величины — случайные величины. Принимаем нормальный закон распределения случайных величин.

4.5.2. Первая серия измерений

4.5.2.1. Метрологические характеристики прибора

Для первой серии измерений используется цифровой микрометр «DIGIMATIC» фирмы *Mitutoyo*:

- диапазон измерений: 0–100 мм;
- цена деления шкалы: 0,001 мм;
- предел допускаемой погрешности: 2 мкм (0,002 мм);
- метод измерения: абсолютный.

4.5.2.2. Протокол измерения детали цифровым микрометром «DIGIMATIC»

Таблица 4.1

Протокол измерений цифровым микрометром «DIGIMATIC»

Номер измерения	Результат измерения x_i , мм	$x_i - \bar{x}_1$	$(x_i - \bar{x}_1)^2$
	1	2	3
1	80,906	−0,079	0,006281
2	81,047	0,062	0,003813
3	80,942	−0,043	0,001871
4	81,096	0,111	0,012266
5	80,797	−0,188	0,035438
6	81,187	0,202	0,040703
7	81,012	0,027	0,000716
8	80,895	−0,09	0,008145
Итого сумма	647,882		0,109232

Примечание.

При значениях $(x_i - \bar{x}_1)^2$ меньше 1 округление величин менее чем до 6 знака не допускается.

4.5.2.3. Статистическая обработка результатов первой серии измерений

Определить среднее арифметическое результатов первой серии измерений по формуле (4.1)

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i,$$

где \bar{x}_1 — среднее арифметическое значение результатов первой серии измерений;

n — количество единичных измерений;

x_i — результат i -го единичного измерения.

В данном случае

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{8} \cdot 647,882 = 80,985 \text{ мм.}$$

Определить среднее квадратическое отклонение результатов первой серии измерений, характеризующих рассеивание единичных результатов измерений около их среднего значения, по формуле (4.2)

$$S_{x_1} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_1)^2}.$$

Для облегчения расчетов перед вычислением S_{x_1} необходимо сначала произвести расчет $x_i - \bar{x}_1$ и $(x_i - \bar{x}_1)^2$ в столбцах 2 и 3 табл. 4.1 по уже имеющимся данным.

Далее вычисляем S_{x_1} по формуле (4.2)

$$S_{x_1} = \sqrt{\frac{1}{8-1} \cdot 0,109232} = 0,125 \text{ мм} = 125 \text{ мкм}.$$

4.5.3. Вторая серия измерений

4.5.3.1. Метрологические характеристики прибора

Для второй серии измерений используется скоба рычажная 840 FS с цифровой измерительной головкой фирмы *Mahr Extramess 2000*:

- диапазон измерений скобы рычажной: 60–100 мм;
- диапазон измерений измерительной головки: ± 1 мм;
- цена деления шкалы: 1 мкм = 0,001 мм;
- предел допускаемой погрешности: 5 мкм (0,005 мм);
- метод измерения: относительный;
- набор концевых мер: № 1 класс 2.

При относительном методе измерения детали мы получаем положительные или отрицательные значения отклонения размера детали от эталонного значения. Метод настройки скобы описан в разделе Б.

В данном случае скоба настраивается на номинальный размер — 81 мм.

Плоскопараллельные концевые меры надо подбирать, начиная с младшего разряда (см. ниже).

Размер блока концевых мер (настроечный размер прибора) — 81 мм

№ п/п	Размер концевой меры, мм
1	1,000
2	5
3	75
4	—
5	—
6	—
Σ	81

4.5.3.2. Протокол измерения детали скобой индикаторной 840 FS

Таблица 4.2

Протокол измерений скобой индикаторной 840 FS

Номер измерения	Результат измерения x_i , мкм	$x_i - \overline{x_2}$	$(x_i - \overline{x_2})^2$
	1	2	3
1	+189	137	18769
2	–280	–332	110224
3	–279	–331	109561
4	–141	–193	37249
5	–65	–117	13689
6	+31	–21	441
7	–65	–117	13689
8	+195	143	20449
Итого сумма	–415		324071

4.5.3.3 Статистическая обработка результатов второй серии измерений

Определить среднее арифметическое результатов второй серии измерений по формуле (4.1)

$$\overline{x_2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i,$$

где $\overline{x_2}$ — среднее арифметическое значение результатов второй серии измерений.

В данном случае

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{8} \cdot (-415) = -52 \text{ мкм.}$$

Определить среднее квадратическое отклонение результатов второй серии измерений, характеризующих рассеивание единичных результатов измерений около их среднего значения, по формуле (4.2)

$$S_{x_2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_2)^2}.$$

Для облегчения расчетов перед вычислением S_{x_2} необходимо сначала произвести расчет $x_i - \bar{x}_2$ и $(x_i - \bar{x}_2)^2$ в столбцах 2 и 3 табл. 4.2 по уже имеющимся данным.

Далее вычисляем S_{x_2} по формуле (4.2)

$$S_{x_2} = \sqrt{\frac{1}{8-1} \cdot 324071} = 215 \text{ мкм} = 0,215 \text{ мм.}$$

4.5.4. Третья серия измерений

4.5.4.1. Метрологические характеристики прибора

Для третьей серии измерений используется штангенциркуль с цифровым отсчетным устройством *MarCal 16 EWR* фирмы *Mahr*:

- диапазон измерений: 0–150 мм;
- цена деления шкалы: 0,01 мм;
- предел допускаемой погрешности: 30 мкм (0,03 мм).
- метод измерения: абсолютный.

4.5.4.2. Протокол измерения детали штангенциркулем с цифровым отсчетным устройством MarCal 16 EWR

Таблица 4.3

Протокол измерений штангенциркулем с цифровым отсчетным устройством
MarCal 16 EWR

Номер измерения	Результат измерения x_i , мм	$x_i - \bar{x}_3$	$(x_i - \bar{x}_3)^2$
	1	2	3
1	80,99	0,099	0,009752
2	80,84	–0,051	0,002627

Окончание табл. 4.3

Номер измерения	Результат измерения x_i , мм	$x_i - \bar{x}_3$	$(x_i - \bar{x}_3)^2$
	1	2	3
3	80,80	−0,091	0,008327
4	81,14	0,249	0,061877
5	80,95	0,059	0,003452
6	80,74	−0,151	0,022877
7	80,95	0,059	0,003452
8	80,72	−0,171	0,029327
Итого сумма	647,13		0,141688

Примечание.

При значениях $(x_i - \bar{x}_3)^2$ меньше 1 округление величин менее чем до 6 знака не допускаются.

4.5.4.3. Статистическая обработка результатов третьей серии измерений

Определить среднее арифметическое результатов третьей серии измерений по формуле (4.1)

$$\bar{x}_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i,$$

где \bar{x}_3 — среднее арифметическое значение результатов третьей серии измерений.

В данном случае

$$\bar{x}_3 = \frac{1}{8} \cdot (647,13) = 80,89 \text{ мм.}$$

Определить среднее квадратическое отклонение результатов третьей серии измерений, характеризующих рассеивание единичных результатов измерений около их среднего значения, по формуле (4.2).

$$S_{x_3} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_3)^2}.$$

Для облегчения расчетов перед вычислением S_{x_3} необходимо сначала произвести расчет $x_i - \bar{x}_3$ и $(x_i - \bar{x}_3)^2$ в столбцах 2 и 3 табл. 4.3 по уже имеющимся данным.

Далее вычисляем S_{x_3} по формуле (4.2)

$$S_{x_3} = \sqrt{\frac{1}{8-1} \cdot 0,141688} = 0,14 \text{ мм} = 140 \text{ мкм.}$$

4.5.5. Определение доверительных границ погрешности результата измерений

4.5.5.1. Определение веса каждой серии равноточных измерений (g_1, g_2, g_3)

$$\begin{cases} g_i = \frac{n}{S_{x_i}^2} C, \\ \sum_{i=1}^m g_i = 1, \end{cases}$$

где m — число серий равноточных измерений;

g_i — вес i -й серии равноточных измерений;

n — количество измерений в серии;

$S_{x_i}^2$ — среднее квадратическое отклонение результатов измерений серии;

C — коэффициент. Любое положительное число, отличное от нуля.

$$\text{Вес первой серии измерений: } g_1 = \frac{n}{S_{x_1}^2} C = \frac{8}{0,125^2} C = 512 C.$$

$$\text{Вес второй серии измерений: } g_2 = \frac{n}{S_{x_2}^2} C = \frac{8}{0,215^2} C = 173 C.$$

$$\text{Вес третьей серии измерений: } g_3 = \frac{n}{S_{x_3}^2} C = \frac{8}{0,14^2} C = 408 C.$$

Согласно системе уравнений (4.3) $\sum g_i = 1$, тогда

$$g_1 + g_2 + g_3 = 1,$$

$$512 C + 173 C + 408 C = 1,$$

$$1093 C = 1,$$

$$C = \frac{1}{1093} = 0,0009.$$

Вычисляем окончательные значения весов серий измерений:

Вес первой серии измерений: $g_1 = 512 \text{ C} = 512 \cdot 0,0009 = 0,461$.

Вес второй серии измерений: $g_2 = 173 \text{ C} = 173 \cdot 0,0009 = 0,158$.

Вес третьей серии измерений: $g_3 = 408 \text{ C} = 408 \cdot 0,0009 = 0,368$.

Результаты заносим в табл. 4.4 в столбец 4.

4.5.5.2. Определение среднего взвешенного значения средних арифметических значений результатов измерений

$$\overline{x}_B = \frac{\sum_{i=1}^m (g_i \cdot \overline{x}_i)}{\sum_{i=1}^m g_i},$$

где m — число серий равноточных измерений.

В данном случае

$$\overline{x}_B = \frac{g_1 \cdot \overline{x}_1 + g_2 \cdot \overline{x}_2 + g_3 \cdot \overline{x}_3}{g_1 + g_2 + g_3}. \quad (4.9)$$

Средние арифметические значения серий измерений:

$$\overline{x}_1 = 80,985 \text{ мм},$$

$$\overline{x}_2 = -52 \text{ мкм},$$

$$\overline{x}_3 = 80,89 \text{ мм}.$$

Результаты заносим в табл. 4.4 в столбец 2.

Для подстановки в формулу все средние арифметические значения должны иметь одну размерность. В нашем случае значения величин удобнее подставлять в миллиметрах. Тогда среднее арифметическое значение второй серии измерений необходимо преобразовать. Так как во второй серии измерений использовался относительный метод измерения (измерение отклонений от настроечного размера), то действительное значение среднего арифметического можно найти по формуле (4.10)

$$\overline{x}_{д2} = \overline{x}_н + \overline{x}_2, \quad (4.10)$$

где $\overline{x}_н$ — настроечный размер при относительном методе измерения. Согласно исходным данным $\overline{x}_н = 181 \text{ мм}$.

Тогда $\overline{x}_{д2} = 81 + (-0,052) = 80,948 \text{ мм}$.

Результат заносим в табл. 4.4 в столбец 3.

Таблица 4.4

Значение среднего арифметического и вес каждой серии измерений

№ серии	Значение \bar{x}	Значение \bar{x} подставляе- мой величины в форму- лу (4.9), мм	Вес серии g_i
1 серия	80,95 мм	80,985	0,461
2 серия	–52 мкм	80,948	0,158
3 серия	80,89 мм	80,89	0,368

Определяем среднее взвешенное значение средних арифметических значений результатов измерений по формуле (4.9)

$$\bar{x}_в = \frac{0,461 \cdot 80,985 + 0,158 \cdot 80,948 + 0,368 \cdot 80,89}{0,461 + 0,158 + 0,368} = \frac{78,592}{0,987} = 80,944 \text{ мм.}$$

4.5.5.3. Определение среднего квадратического отклонения среднего взвешенного значения результатов измерений

$$S_{\bar{x}_в} = \sqrt{\frac{C}{\sum_{i=1}^m g_i}}.$$

В данном случае

$$S_{\bar{x}_в} = \sqrt{\frac{C}{g_1 + g_2 + g_3}} = \sqrt{\frac{0,0009}{0,461 + 0,158 + 0,368}} = 0,03 \text{ мм.}$$

4.5.5.4. Определение доверительных границ случайной погрешности результата измерения

$$\varepsilon = \pm t_{p,n} \cdot S_{\bar{x}_в},$$

где $t_{p,n}$ — коэффициент Стьюдента, зависит от количества измерений и доверительной вероятности (см. прил. 7).

Для доверительной вероятности $P = 0,95$ и количества измерений $n = 8$ коэффициент Стьюдента $t_{p,n} = 2,306$.

Тогда $\varepsilon = \pm t_{p,n} \cdot S_{\bar{x}_в} = \pm 2,306 \cdot 0,03 = \pm 0,069 \text{ мм.}$

4.5.5.5. Определение доверительных границ погрешности результата измерений

Так как согласно условию задачи случайные составляющие погрешности измерения пренебрежительно малы, по ГОСТ Р 8.736–2011 в качестве границ неисключенной систематической погрешности можно принять доверительные границы случайной погрешности оценки измеряемой величины ε .

В этом случае доверительные границы погрешности результата измерений вычисляются по формуле (4.7)

$$\Delta = \pm \varepsilon.$$

В данном случае

$$\Delta = \pm \varepsilon = \pm 0,069 \text{ мм.}$$

4.5.6. Оформление результата измеряемой величины в стандартной форме

Примем, что доверительные границы погрешности результата измеряемой величины симметричны, тогда результат представляем в форме

$$A = \bar{x}_в \pm \Delta, P = (80,944 \pm 0,069) \text{ мм}, P = 0,95.$$

5. Лабораторная работа № 4

«Определение приведенного среднего диаметра резьбы»

Резьбовым соединением называется соединение двух деталей с помощью резьбы, т. е. элементов деталей, имеющих один или несколько равномерно расположенных винтовых выступов резьбы постоянного сечения, образованных на боковой поверхности цилиндра или конуса.

Контур сечения канавок и выступов в плоскости, проходящей через ось резьбы, общий для наружной и внутренней резьбы, называется профилем резьбы (рис. 5.1, ГОСТ 24705–2004 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Основные размеры»).

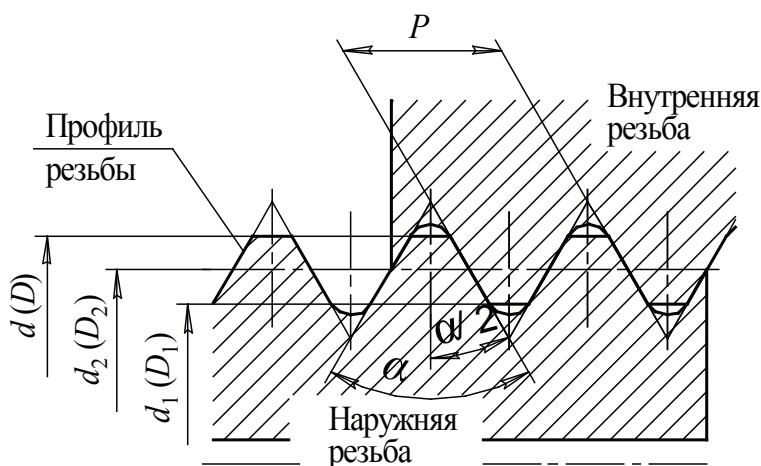


Рис. 5.1. Профиль и основные параметры метрической резьбы

Основные параметры метрической резьбы (рис. 5.1):

d, D — наружный диаметр резьбы болта и гайки;

d_1, D_1 — внутренний диаметр резьбы болта и гайки;

d_2, D_2 — средний диаметр резьбы болта и гайки;

P — номинальный шаг резьбы;

α — угол профиля резьбы;

$\alpha/2$ — половина угла профиля резьбы. Угол профиля метрической резьбы по ГОСТ 24705–2004 равен 60° .

Контроль резьбы в зависимости от ее точности и назначения может осуществляться комплексным или поэлементным (дифференцированным) методами.

Комплексным методом резьбовые изделия контролируют с помощью предельных резьбовых калибров.

Поэлементный контроль резьбовых изделий используется главным образом для точных резьб: калибров-пробок, резьбообразующего инструмента и т. д. При этом отдельно проверяют средний диаметр $d_2 (D_2)$, шаг P и половину угла профиля $\alpha/2$, используя универсальные и специализированные инструменты и приборы.

Определение годности резьбовой детали в этом случае производится по приведенному среднему диаметру резьбы, подсчитанному по результатам измерений среднего диаметра, погрешностей шага на длине свинчивания и погрешностей половины угла профиля. Таким образом, при этом способе контроля оценка годности резьбы производится поэлементно. Полученные значения подставляются в зависимость для определения приведённого среднего диаметра резьбы $d_{2пр}$.

Приведенный средний диаметр резьбы $d_{2пр} (D_{2пр})$ — это значение среднего диаметра, увеличенное для наружной резьбы или уменьшенное для внутренней резьбы на суммарную диаметральную компенсацию погрешностей шага f_p и половины угла профиля f_α .

$d_{2пр} = d_{2изм} + f_p + f_\alpha$ — для резьбы болта;

$D_{2пр} = D_{2изм} - f_p - f_\alpha$ — для резьбы гайки.

Для наружной метрической резьбы:

- диаметральная компенсация погрешности шага резьбы, мм,

$$f_p = \frac{1,732 \cdot \Delta P}{1000};$$

- диаметральная компенсация погрешности половины угла профиля резьбы, мм,

$$f_\alpha = \frac{0,36 \cdot P \cdot \Delta \alpha / 2}{1000}.$$

Таким образом, для наружной резьбы приведенный средний диаметр $d_{2\text{пр}}$ рассчитывается по зависимости

$$d_{2\text{пр}} = d_{2\text{изм}} + \frac{1,732 \cdot \Delta P}{1000} + \frac{0,36 \cdot P \cdot \Delta \alpha / 2}{1000}, \quad (5.1)$$

где $d_{2\text{изм}}$ — размер среднего диаметра, полученный измерением резьбы, мм;

ΔP — погрешность шага на длине свинчивания (абсолютная величина), полученная в результате измерения, мкм;

$\Delta \alpha / 2$ — погрешность половины угла профиля (абсолютная величина), полученная в результате измерения, мин;

P — номинальный шаг резьбы, мм.

Рассчитанную величину $d_{2\text{пр}}$ сравнивают с величиной номинального среднего диаметра резьбы по ГОСТ 24705–2004 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Основные размеры» (см. табл. П. 7.4).

Если необходимо, то по разнице этих двух величин по ГОСТ 16093–2004 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором» (см. табл. П. 7.5) определяют степень точности и основное отклонение для среднего диаметра резьбы d_2 .

Измерения погрешностей шага ΔP и половины угла профиля $\Delta \alpha / 2$ производят с помощью инструментального микроскопа, а средний диаметр $d_{2\text{изм}}$ измеряют методом трех проволок с использованием гладкого микрометра.

5.1. Задачи лабораторной работы

1. Познакомиться с назначением и устройством инструментального микроскопа.
2. Познакомиться с метрологическими характеристиками инструментального микроскопа.
3. Освоить методику измерения отклонения шага и половины угла профиля на инструментальном микроскопе.
4. Познакомиться с методикой измерения среднего диаметра резьбы с помощью трех проволок и микрометра.

5. Познакомиться с метрологическими характеристиками гладкого микрометра.
6. Научиться рассчитывать приведенный средний диаметр резьбового образца и по сравнению его значения с номинальным средним диаметром резьбы по ГОСТ 24705–2004 назначать степень точности и основное отклонение резьбового образца по ГОСТ 16093–2004.

5.2. Порядок выполнения работы

1. Определить назначение и роль приведенного среднего диаметра резьбы для взаимозаменяемости резьб.
2. Познакомиться с устройством и работой инструментального микроскопа (см. раздел Б). Заполнить таблицу метрологических характеристик прибора. Произвести настройку прибора.
3. Измерить с помощью микроскопа и рассчитать погрешность шага резьбы ΔP_n . Заполнить таблицу результатов измерения погрешности шага резьбы.
4. Измерить с помощью микроскопа и рассчитать погрешность половины угла профиля $\Delta\alpha/2$. Заполнить таблицу результатов измерения погрешности половины угла профиля резьбы.
5. Измерить с помощью микрометра размер M резьбового образца. Заполнить таблицу результатов измерения размера M . Рассчитать средний диаметр резьбы $d_{2изм}$. Заполнить таблицу метрологических характеристик прибора.
6. Рассчитать приведенный средний диаметр резьбового образца $d_{2пр}$.
7. По стандарту ГОСТ 16093–2004 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором» (см. табл. П. 7.6) определить степень точности и основное отклонение резьбового образца.
8. Оформить отчет (см. прил. 6).

5.3. Последовательность определения погрешности шага резьбы ΔP_n

5.3.1. Общие положения при определении погрешности шага резьбы

Погрешность шага резьбы ΔP_n определяют на длине свинчивания резьбы P_n , равной длине гайки ($0,8d$). Поэтому необходимо вычислить число шагов на длине свинчивания P_n по зависимости

$$n = \frac{0,8 \cdot d}{P}. \quad (5.2)$$

Полученное значение n нужно округлить до ближайшего целого числа и занести в табл. П. 6.1 формы отчета по лабораторной работе (см. прил. 6).

Номинальный размер n шагов — P_n , мм, определяют по зависимости

$$P_n = n \cdot P. \quad (5.3)$$

Полученное значение заносится в табл. П. 6.1 формы отчета.

Абсолютную величину погрешности шага ΔP на длине свинчивания, мкм, определяют по зависимости

$$\Delta P = P_{n \text{ действ}} - P_n. \quad (5.4)$$

При установке детали в центрах вследствие возможного перекоса оси резьбы (рис. 5.2) измеренные расстояния $P_{n \text{ лев}}$ и $P_{n \text{ прав}}$ по левым и правым сторонам профиля не будут равны между собой и расстоянию $P_{n \text{ действ}}$.

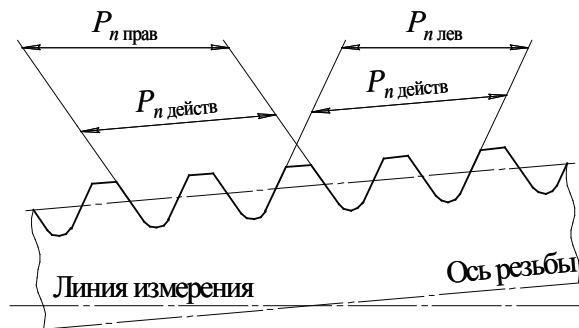


Рис. 5.2. Влияние перекоса оси резьбы на результат измерения шага

Поэтому для компенсации погрешности перекоса оси в горизонтальной плоскости измерение производят по правым и левым сторонам профиля.

5.3.2. Порядок измерения погрешности шага резьбы

1. Микровинтами продольной 17 и поперечной 2 подачи столика и маховичком лимба 10 (рис. 5.3) совместить изображение правой стороны профиля резьбы детали с одной из штриховых линий сетки окулярной угломерной головки, как показано на рис. 5.4. При этом перекрестие штриховой сетки окулярной головки должно располагаться на середине стороны профиля резьбы. Сделать начальный отсчет по микрометру продольного перемещения 17. Результат отсчета занести в таблицу формы отчета (см. прил. 6, п. 3.4).

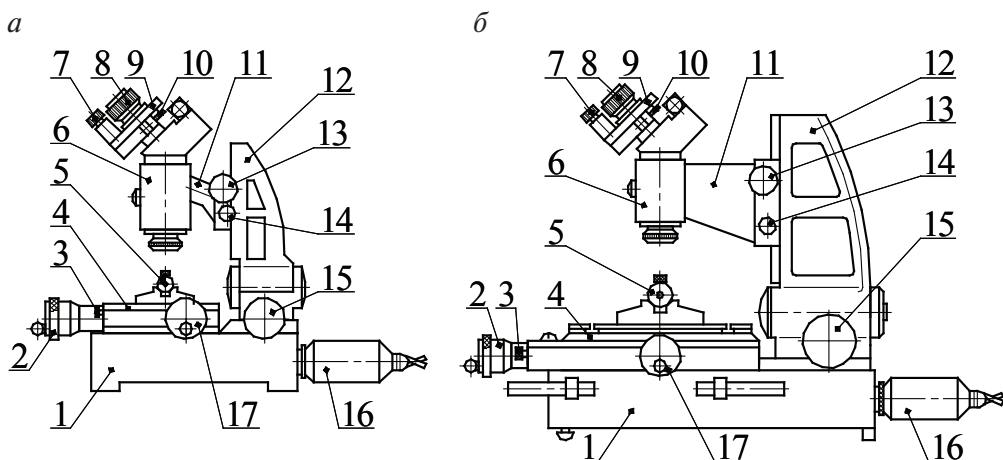


Рис. 5.3. Устройство малого — *а* и большого — *б* инструментального микроскопа:
 1 — основание; 2 — микрометрическое устройство поперечной подачи стола; 3 — маховичок поворота стола; 4 — координатный стол; 5 — центры; 6 — тубус; 7 — окуляр отсчетного микроскопа; 8 — окуляр угломерной головки; 9 — сменная угломерная головка; 10 — маховичок вращения лимба со штриховой сеткой; 11 — кронштейн; 12 — колонка; 13 — маховик вертикального перемещения кронштейна; 14 — винт тормоза кронштейна; 15 — маховик наклона колонки; 16 — осветительное устройство; 17 — микрометрическое устройство продольной подачи стола

2. Микровинтом продольной подачи 17 переместить столик с деталью на n шагов до совмещения правой стороны профиля n -го витка резьбы с перекрестием штриховой сетки. Сделать конеч-

ный отсчет по микрометру продольного перемещения. Результат отсчета занести в таблицу формы отчета (см. прил. 6, п. 3.4).

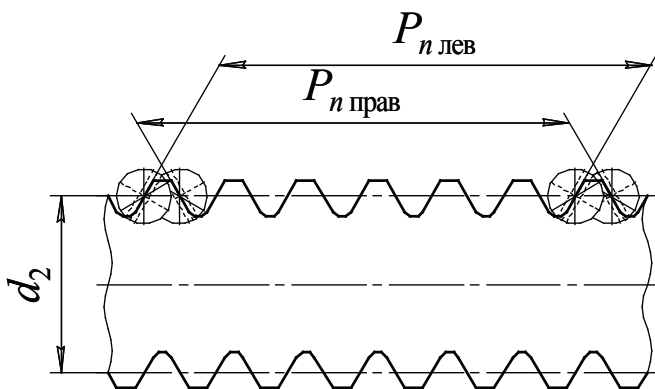


Рис. 5.4. Измерение расстояний $P_{n \text{ лев}}$ и $P_{n \text{ прав}}$

3. Повторить указанное в п. 1–2 на том же самом интервале n шагов еще два раза. Результаты измерений занести в таблицу формы отчета (см. прил. 6, п. 3.4).

Примечание. Измерение одного и того же интервала шагов производится трижды для исключения ошибок при измерении параметра.

4. Переместить перекрестие штриховой сетки угломерной головки на левую сторону профиля резьбы и совместить с ним одну из штриховых линий штриховой сетки окулярной угломерной головки.
5. Микровинтами продольной 17 и поперечной 2 подачи столика и маховичком лимба 10 (см. рис. 5.3) совместить изображение левой стороны профиля резьбы детали с одной из штриховых линий сетки окулярной угломерной головки, как показано на рис. 5.4. При этом перекрестие штриховой сетки окулярной головки должно располагаться на середине стороны профиля резьбы. Сделать начальный отсчет по микрометру продольного перемещения 17. Результат отсчета занести в таблицу формы отчета (см. прил. 6, п. 3.4).
6. Микровинтом продольной подачи 17 переместить столик с деталью на n шагов до совмещения левой стороны профиля n -го витка резьбы с перекрестием штриховой сетки. Сделать конечный отсчет по микрометру продольного перемещения. Результат отсчета занести в таблицу формы отчета (см. прил. 6, п. 3.4).

7. Повторить указанное в п. 5–6 для определения начального и конечного отсчета на расстоянии n шагов по правой стороне профиля резьбы. Измерение повторить дважды.

Примечания:

- 1) при измерении следить за правильным наклоном колонки;
- 2) штриховую линию перекрестия совмещать с профилем резьбы так, чтобы половина ее толщины входила в тело детали (рис. 5.5).

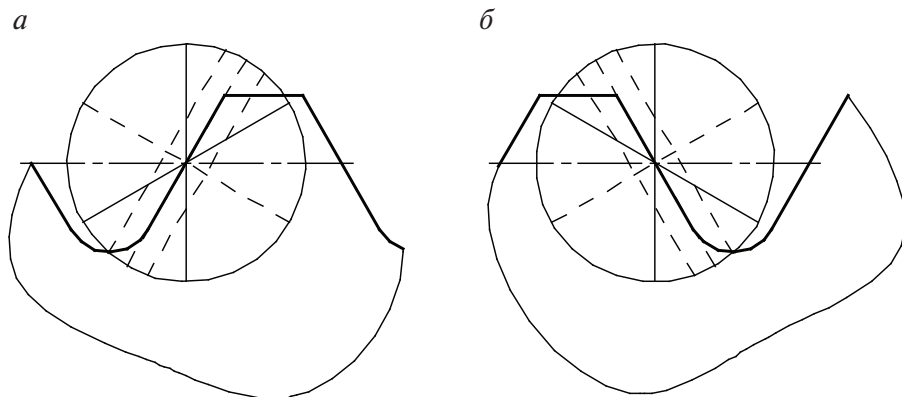


Рис. 5.5. Совмещение штриховой линии с профилем резьбы при измерении расстояний $P_{n \text{ лев}}$ — a и $P_{n \text{ прав}}$ — b

5.3.3. Расчет погрешности шага резьбы

1. Рассчитать величину $P_{n \text{ лев}}$ как среднее арифметическое трех значений, полученных при измерении по правой стороне профиля.
2. Рассчитать величину $P_{n \text{ прав}}$ как среднее арифметическое трех значений, полученных при измерении по левой стороне профиля.
3. Определить действительный размер n шагов — $P_{n \text{ действ}}$, мм, по формуле (5.5)

$$P_{n \text{ действ}} = \frac{P_{n \text{ лев}} - P_{n \text{ прав}}}{2}. \quad (5.5)$$

4. Определить погрешность шага ΔP по формуле (5.4).
5. Все результаты занести в таблицу формы отчета (см. прил. 6, п. 3.4).

5.4. Последовательность определения погрешности половины угла профиля резьбы $\Delta\alpha/2$

5.4.1. Общие положения при определении погрешности половины угла профиля резьбы

Половина угла профиля резьбы $\alpha/2$ — это угол между боковой стороной профиля резьбы и перпендикуляром, опущенным из вершины остроугольного профиля симметричной резьбы на ее ось. Различают левую половину угла профиля $\alpha/2_{\text{лев}}$ и правую $\alpha/2_{\text{прав}}$. Вследствие возможного перекоса оси резьбы при установке детали в центрах (рис. 5.6) штриховая линия штриховой сетки окуляра угломерной головки не будет совпадать с перпендикуляром из вершины остроугольного профиля резьбы на ее ось и измеренные величины $\alpha/2$ будут отличаться от действительных углов.

Измерение половины угла профиля резьбы, а не целого угла, необходимо для того, чтобы можно было установить угол наклона профиля к оси резьбы.

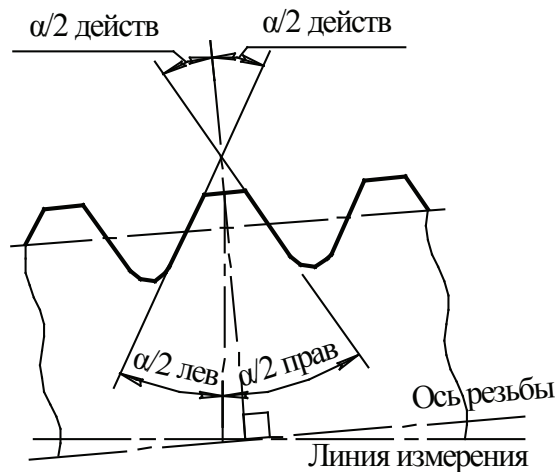


Рис. 5.6. Влияние перекоса оси резьбы на результат измерения половины угла профиля

Для исключения систематических погрешностей измерения (рис. 5.6), связанных с наличием отклонения от параллельности оси

резьбы и продольного направления перемещения стола, половины угла профиля резьбы $\alpha/2$ (1), $\alpha/2$ (2), $\alpha/2$ (3) и $\alpha/2$ (4) (рис. 5.7) измеряют в одном осевом сечении, но с двух противоположных сторон резьбовой детали.

Измерения производят по схеме, изображенной на рис. 5.7.

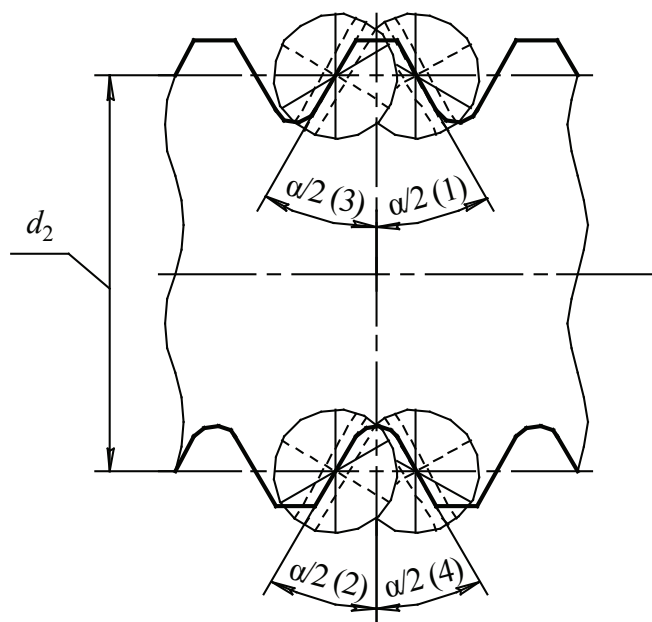


Рис. 5.7. Определение углов $\alpha/2$ (1); $\alpha/2$ (2); $\alpha/2$ (3); $\alpha/2$ (4)

5.4.2. Порядок измерения погрешности половины угла профиля резьбы

1. Маховичком лимба 10 установить нулевое положение на шкале угловых перемещений в окуляре 7 отсчетного микроскопа (см. рис. 5.3).
2. Микровинтами 2 и 17 установить перекрестие штриховой сетки на правую сторону профиля резьбы и маховичком лимба 10 совместить вертикальную штриховую линию штриховой сетки угломерной головки с правой стороной профиля резьбы. Сделать отсчет по шкале отсчетного микроскопа 7 угломерной головки. Результат записать в таблицу формы отчета (см. прил. 6, п. 4.3).

3. Повторить указанное в п. 1–2 на той же самой правой стороне профиля резьбы еще два раза. Результаты измерений занести в таблицу формы отчета (см. прил. 6, п. 4.3).

Примечание. Измерение одного и того же угла производится трижды для исключения ошибок при измерении параметра.

4. Микровинтом 17 установить перекрестие штриховой сетки на левую сторону профиля резьбы и маховичком лимба 10 совместить ту же штриховую линию с левой стороной профиля резьбы. Сделать отсчет по шкале отсчетного микроскопа 7 угломерной головки. Результат записать в таблицу формы отчета (см. прил. 6, п. 4.3).
5. Изменить наклон колонки 12 маховиком 15 в противоположную сторону. Переместить предметный столик микроскопа с измеряемой деталью до совмещения перекрестия штриховой сетки с правой стороной профиля резьбы с противоположной стороны детали (см. рис. 5.7). Точное положение перекрестия на правой стороне профиля отрегулировать микровинтами 2 и 17.
6. Повторить указанное в п. 1–2 для определения $\alpha/2$ (2) и $\alpha/2$ (4). Все результаты занести в таблицу формы отчета (см. прил. 6, п. 4.3).

5.4.3. Расчет погрешности половины угла профиля резьбы

1. Рассчитав средние значения углов $\alpha/2$ (1), $\alpha/2$ (2), $\alpha/2$ (3), $\alpha/2$ (4), занести результаты в таблицу формы отчета (см. прил. 6, п. 4.3), найти $\alpha/2_{\text{прав}}$ и $\alpha/2_{\text{лев}}$ по зависимостям:

$$\alpha/2_{\text{прав}} = \frac{\alpha/2(1) + \alpha/2(2)}{2}, \quad (5.6)$$

$$\alpha/2_{\text{лев}} = \frac{\alpha/2(3) + \alpha/2(4)}{2}. \quad (5.7)$$

2. Определить погрешность половины угла профиля для левой и правой сторон профиля резьбы:

$$\Delta\alpha/2_{\text{прав}} = \alpha/2_{\text{прав}} - 30^\circ, \text{ мин}; \quad (5.8)$$

$$\Delta\alpha/2_{\text{лев}} = \alpha/2_{\text{лев}} - 30^\circ, \text{ мин}. \quad (5.9)$$

3. Определить погрешность половины угла профиля резьбы $\Delta\alpha/2$ по зависимости

$$\Delta\alpha/2 = \frac{\Delta\alpha/2_{\text{прав}} + \Delta\alpha/2_{\text{лев}}}{2}, \text{ мин}. \quad (5.10)$$

5.5. Последовательность измерения среднего диаметра резьбы d_2 методом трех проволок

5.5.1. Общие положения при измерении среднего диаметра резьбы

Средний диаметр наружной резьбы d_2 это диаметр воображаемого соосного с резьбой прямого кругового цилиндра. Образующая воображаемого цилиндра пересекает номинальный профиль резьбы так, что ширина канавки равна толщине выступа.

Метод измерения среднего диаметра наружной резьбы с помощью калиброванных проволок является косвенным методом измерения. Средний диаметр резьбы d_2 рассчитывается по зависимостям, приведенным ниже.

Сущность метода заключается в следующем: во впадины резьбы закладывают три проволоочки равного диаметра d' (рис. 5.8) таким образом, чтобы одна проволоочка лежала с одной стороны резьбы, а две другие с противоположной стороны. С помощью какого-либо контактного прибора, например гладкого микрометра, измеряют размер M .

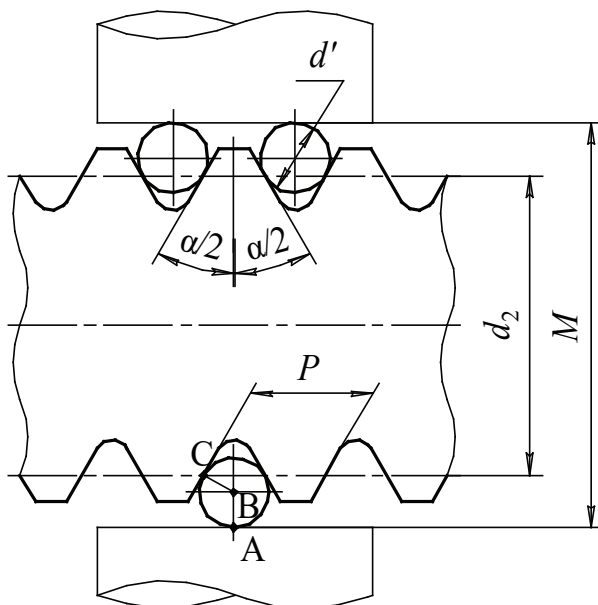


Рис. 5.8. Измерение среднего диаметра резьбы методом трех проволок

Средний диаметр резьбы d_2 связан с размером M следующей зависимостью:

$$d_2 = M - d' \cdot \left(1 + \frac{1}{\sin(\alpha / 2)} \right) + \frac{P}{2} \cdot \operatorname{ctg}(\alpha / 2), \text{ мм}, \quad (5.11)$$

где d' — диаметр проволок;

M — размер по проволокам (см. рис. 5.8);

P — шаг резьбы;

$\alpha/2$ — половина угла профиля метрической резьбы.

Для метрической резьбы с углом профиля 60° ($\alpha/2 = 30^\circ$) зависимость (5.11) приобретает следующий вид:

$$d_{2 \text{ изм}} = M - 3 \cdot d' + 0,866 \cdot P, \text{ мм}. \quad (5.12)$$

Для устранения влияния погрешностей угла профиля на результат измерений проволоочки должны быть такого диаметра, чтобы точки их касания с профилем резьбы совпадали со средним диаметром. Диаметры проволок для метрической резьбы приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

**Диаметры проволок для метрической резьбы по ГОСТ 2475–88
«Проволочки и ролики. Технические условия»**

Параметры	Значения									
Шаг резьбы P , мм	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	4,0
Диаметр проволоочки d' , мм	0,289	0,433	0,577	0,722	0,866	1,010	1,155	1,443	1,732	2,309

Для измерения среднего диаметра резьбы методом трех проволок микрометр закрепляют в стойке, а проволоочки подвешивают в держателе, как показано на рис. 5.9.

5.5.2. Порядок измерения среднего диаметра резьбы методом трех проволок

1. Закрепить микрометр в стойке (см. рис. 5.9).
2. Проверить настройку микрометра на ноль (см. раздел Б).
3. Выбрать по табл. 5.1 проволочки нужного диаметра для измеряемой резьбы.

4. Подвесить проволоочки 4 на держателе 5 так, чтобы середина рабочей части проволоочек находилась примерно напротив измерительных поверхностей микрометра.
5. Вставить проволоочки во впадины резьбы, как показано на рис. 5.8, рис. 5.9.

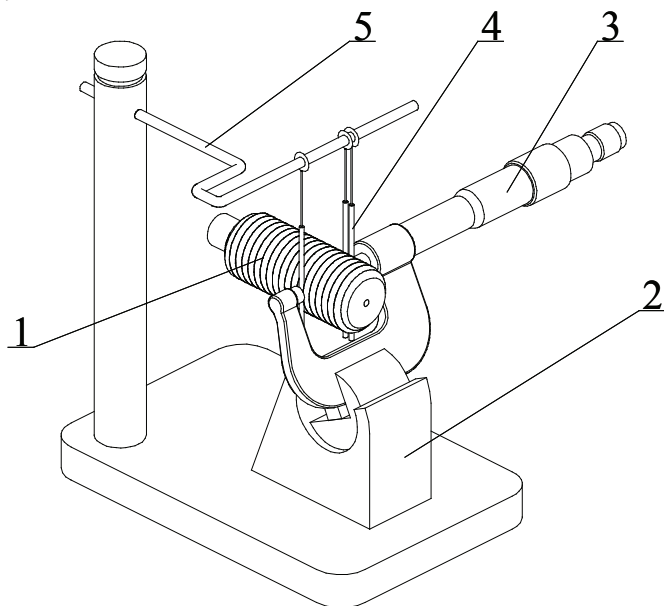


Рис. 5.9. Установка для измерения среднего диаметра резьбы методом трех проволочек:

1 — резьбовой образец; 2 — стойка универсальная; 3 — микрометр гладкий;
4 — проволоочки; 5 — держатель

6. Измерить размер M не менее 3 раз в разных сечениях. Результаты измерения занести в таблицу формы отчета (см. прил. 6, п. 7.2).

5.5.3. Определение среднего диаметра резьбы d_2

Рассчитать средний диаметр резьбы $d_{2\text{изм}}$, мм, по зависимости (5.12)

$$d_{2\text{изм}} = M_{\text{ср}} - 3 \cdot d' + 0,866 \cdot P,$$

где $M_{\text{ср}}$ — средний размер по проволочкам, мм;

d' — диаметр проволочек, мм;

P — шаг резьбы, мм.

5.6. Определение приведенного среднего диаметра резьбы

Рассчитать приведенный средний диаметр резьбы по зависимости (5.1)

$$d_{2\text{пр}} = d_{2\text{изм}} + \frac{1,732 \cdot \Delta P}{1000} + \frac{0,36 \cdot P \cdot \Delta \alpha / 2}{1000},$$

где $d_{2\text{пр}}$ — приведенный средний диаметр резьбы, мм;

$d_{2\text{изм}}$ — размер среднего диаметра, полученный измерением резьбы, мм;

ΔP — погрешность шага на длине свинчивания (абсолютная величина), полученная в результате измерения, мкм;

$\Delta \alpha / 2$ — погрешность половины угла профиля (абсолютная величина), полученная в результате измерения, мин;

P — номинальный шаг резьбы, мм.

Примечание. При расчёте приведённого среднего диаметра резьбы следует обратить особое внимание на размерность величин, подставляемых в зависимость 5.1.

Полученный результат занести в форму отчета.

5.7. Последовательность определения степени точности и основного отклонения резьбового образца

1. Рассчитанную величину $d_{2\text{пр}}$ сравнить с величиной номинального среднего диаметра резьбы по ГОСТ 24705–2004 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Основные размеры» (см. табл. П. 7.5). Определить разность $d_{2\text{пр}}$ и d_2 .
2. Полученное значение занести в таблицу формы отчета (см. прил. 6, п. 7.2).
3. По разности двух величин по ГОСТ 16093–2004 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором» (см. табл. П. 7.6) определить степень точности и основное отклонение (посадку) для среднего диаметра резьбы d_2 резьбового образца. Результаты занести в таблицу формы отчета (см. прил. 6, п. 7.2).

РАЗДЕЛ Б. Измерительные приборы для выполнения лабораторных работ

Глубиномер индикаторный

Внимание! Все измерительные приборы требуют бережного и квалифицированного обращения. Прежде чем приступить к настройке и работе с приборами, внимательно прочитайте прилагаемую инструкцию и в процессе работы строго следуйте этой инструкции.

Назначение приборов

Индикаторный глубиномер предназначен для измерения глубины пазов, отверстий и высоты выступов.

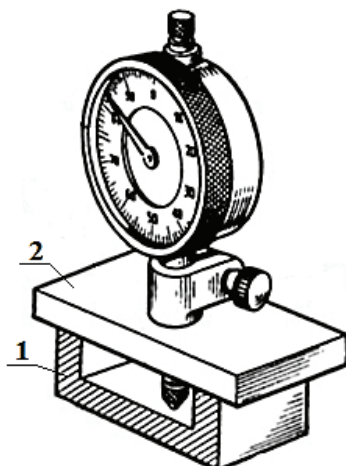


Рис. 1. Пример измерения индикаторным глубиномером [2]:

1 — измеряемая деталь; 2 — индикаторный глубиномер

Эскизы приборов

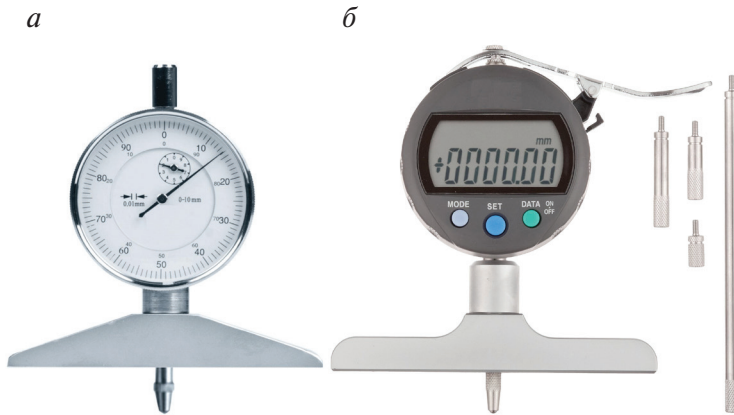


Рис. 2. Глубиномер индикаторный [3]:
 а — с индикатором часового типа; б — с индикатором цифровым электронным

Конструкция индикаторного глубиномера



Рис. 3. Основные элементы конструкции глубиномера индикаторного [3]

Метрологические характеристики прибора

Метрологические характеристики глубиномера индикаторного указаны на самом приборе (рис. 4) или в паспорте средства измерения.

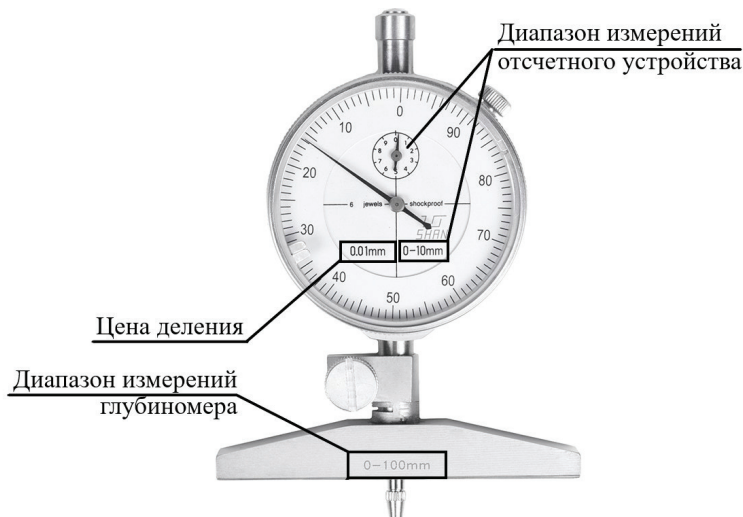


Рис. 4. Метрологические характеристики глубиномера индикаторного [3]

Метрологические характеристики глубиномера индикаторного:

- диапазон измерений глубиномера: 0—100 мм;
- цена деления прибора: 0,01 мм;
- диапазон измерений отсчетного устройства по шкале индикатора: 0—10 мм;
- основная погрешность измерения:
 - в пределах 0,1 мм на любом участке шкалы — 0,006 мм;
 - в пределах 1 мм на любом участке шкалы — 0,01 мм;
 - в пределах всего диапазона измерений — 0,02 мм.

Правила обращения с прибором

1. Разбирать прибор студентам запрещено!
2. Зажим индикатора с помощью зажимного устройства производить осторожно, с небольшим усилием, не допуская порчи посадочной поверхности индикатора.

3. После окончания измерений индикаторный глубиномер необходимо положить в футляр (рис. 5).

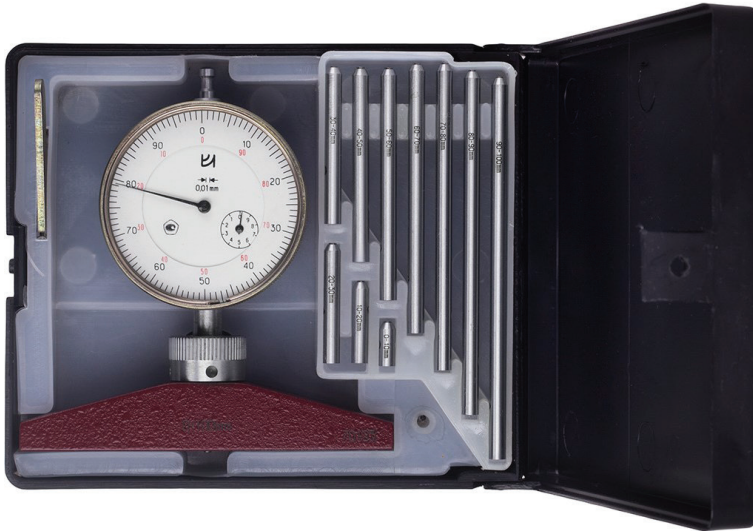


Рис. 5. Комплект индикаторного глубиномера [5]

Особенности конструкции глубиномера индикаторного

В отверстие основания глубиномера устанавливается измерительный наконечник соответствующего предела измерений. Перемещение измерительного наконечника зубчатым механизмом индикатора часового типа преобразуется в перемещение стрелки индикатора. Отсчет размера и отклонения размера производятся по основной (большой) шкале индикатора и вспомогательной (малой) шкале индикатора, отсчитывающей количество оборотов стрелки индикатора.

К глубиномеру приложен комплект сменных измерительных наконечников, которые позволяют осуществить измерения в пределах от 0 до 100 мм (см. рис. 5).

Отсчет показаний глубиномера

- целое число миллиметров отсчитывается стрелкой указателя оборотов по малой шкале;

- сотые доли миллиметров отсчитываются стрелкой по большой шкале.

При подъеме измерительного стержня (прямой ход) показания читают по наружным цифрам большой шкалы (увеличение по часовой стрелке). При опускании измерительного стержня (обратный ход) показания читают по внутренним цифрам большой шкалы (увеличение против часовой стрелки). Прямой и обратный ход отражены на рис. 6.



Рис. 6. Отсчет показания индикаторного глубиномера

Показания прибора см. на рис. 6.

Прямой ход:

- показание по малой шкале — 2,0 мм;
- показания по большой шкале — 0,14 мм;
- результат измерения — 2,14 мм.

Обратный ход:

- показание по малой шкале — 7,0 мм;
- показания по большой шкале — 0,86 мм;
- результат измерения — 7,86 мм.

Порядок настройки прибора

1. Настройка глубиномера индикаторного на заданный размер осуществляется с помощью концевых мер (см. рис. 7).



Рис. 7. Плоскопараллельные концевые меры длины [3]

2. Установить на контрольную плиту два набора концевых мер, размер которых равен верхнему пределу измерительного наконечника, например 40 мм, для наконечника 30—40 мм.

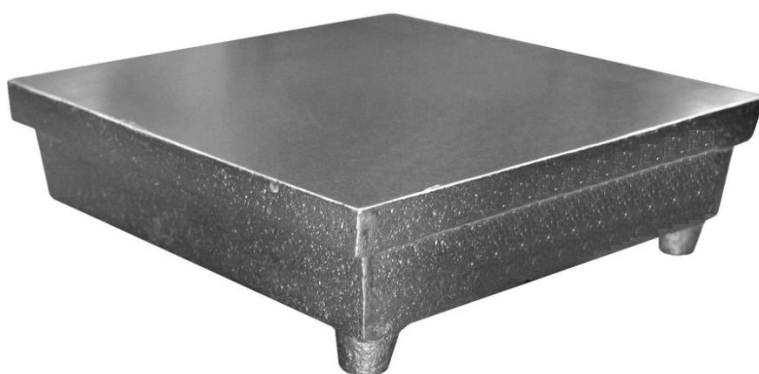


Рис. 8. Контрольная плита [3]

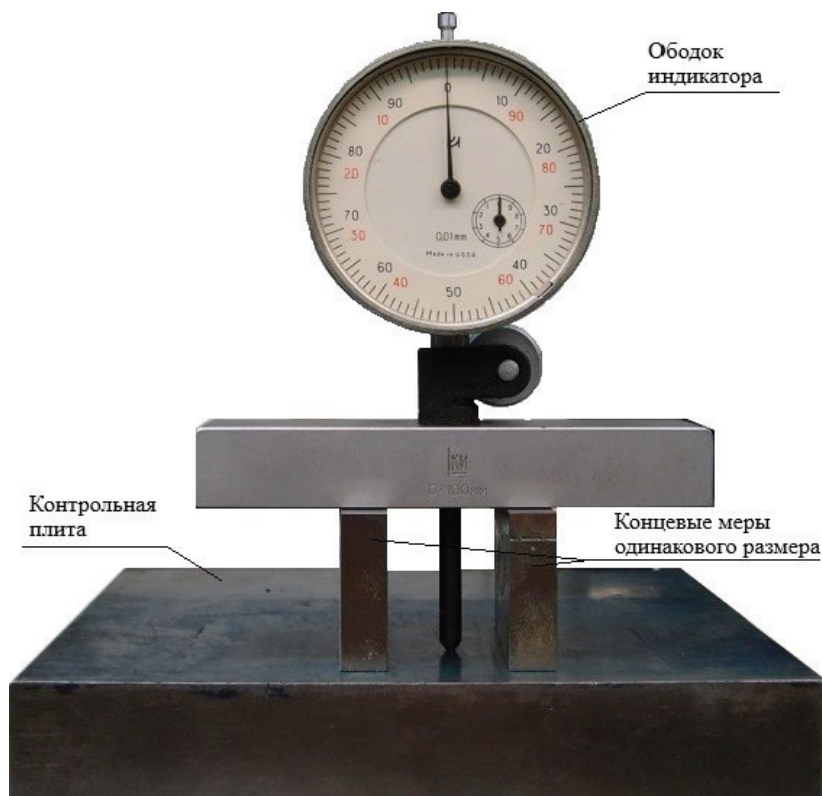


Рис. 9. Настройка индикаторного глубиномера

3. Если измерительная поверхность измерительного наконечника не касается поверхности контрольной плиты, осторожно отвернуть гайку зажимного устройства прибора, осторожными движениями переместить индикатор в гнезде по направлению к контрольной плите. Добиться касания наконечника индикатора, при этом стрелка индикатора должна переместиться в пределах одного оборота (для исключения люфтов в зубчатой передаче прибора). Закрепить индикатор в гнезде.
4. Поворотом ободка индикатора или специального винта совместить нулевую отметку основной (большой) шкалы индикатора со стрелкой индикатора.
5. Проверить постоянство показаний прибора осторожным 2–3-кратным поднятием и плавным опусканием измерительного наконечника до исходного положения. В случае отклонений показаний от нуля повторить п. 3–5 порядка настройки прибора.

Глубиномер микрометрический

Внимание! Все измерительные приборы требуют бережного и квалифицированного обращения. Прежде чем приступить к настройке и работе с приборами, внимательно прочитайте прилагаемую инструкцию и в процессе работы строго следуйте этой инструкции.

Назначение приборов

Микрометрический глубиномер служит для измерения глубин, пазов и выточек различной формы. Пример измерения показан на рис. 10.

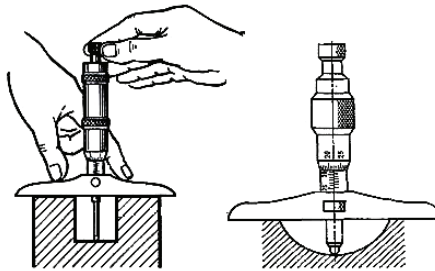


Рис. 10. Пример измерения микрометрическим глубиномером [2]

Комплект глубиномера с наконечниками и калибрами для настройки

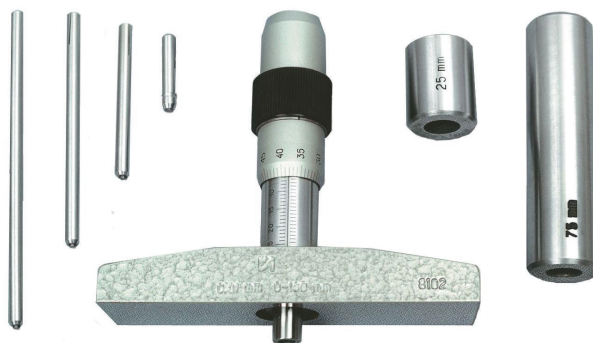


Рис. 11. Глубиномер микрометрический [4]

Устройство глубиномера

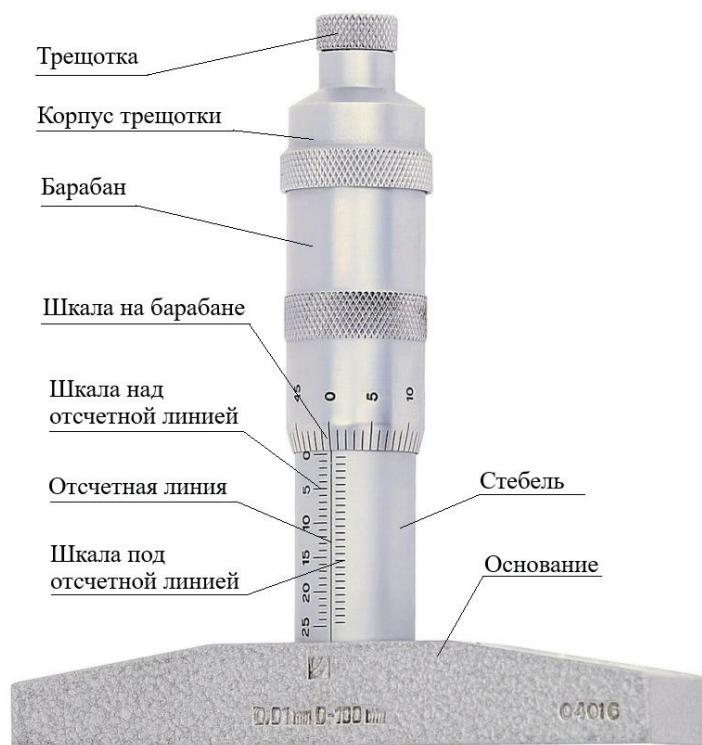


Рис. 12. Основные элементы конструкции глубиномера микрометрического [5]

Метрологические характеристики прибора

Метрологические характеристики глубиномера микрометрического указаны на самом приборе (см. рис. 13) или в паспорте средства измерения.

Метрологические характеристики глубиномера микрометрического:

- диапазон измерений: 0–300 мм;
- цена деления: 0,01 мм;
- предел допускаемой основной погрешности глубиномера:

Диапазоны измерений, мм	Погрешность, мкм
0–25	±2
25–50	±3
50–100	

Диапазоны измерений, мм	Погрешность, мкм
100–150	± 4
150–200	± 8
200–250	± 9
250–300	± 10

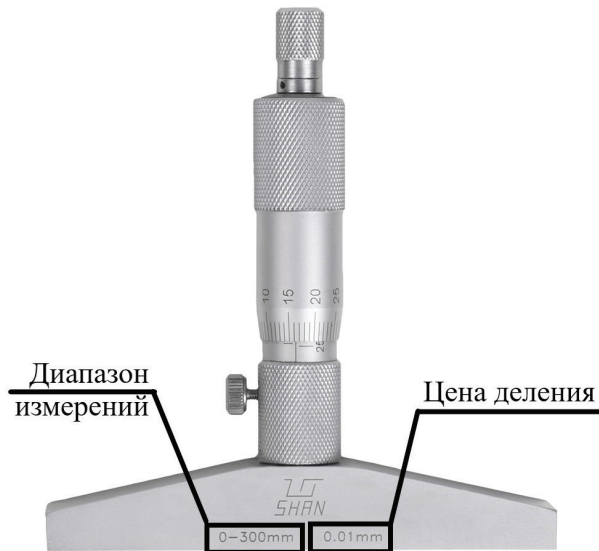


Рис. 13. Метрологические характеристики глубиномера микрометрического [3]

Правила обращения с прибором

1. Категорически запрещается разбирать прибор.
2. Запрещается вращение барабана с одновременным использованием зажимающего устройства.
3. Категорически запрещается вращение микрометрического винта при помощи барабана, а не трещотки.
4. После окончания измерений микрометрический глубиномер необходимо положить в футляр.

Особенности конструкции глубиномера

Микрометрический глубиномер состоит из основания, в которое запрессована микрометрическая головка, представляющая собой вин-

товую пару, которая состоит из микрометрического винта и микрометрической гайки, закрепленной внутри стебля.

Принцип действия микрометрических приборов основан на преобразовании вращательного движения точного микровинта в его поступательное перемещение вдоль оси. Микрометрический винт прибора имеет шаг, равный 0,5 мм. Поэтому поворот винта в гайке на 360° вызывает его перемещение вдоль оси на 0,5 мм.

На наружной цилиндрической поверхности стебля прибора нанесена продольная отсчетная линия, над и под которой нанесены миллиметровые деления. Сверху отсчетной линии нанесены деления миллиметровой шкалы. Под продольной линией миллиметровая шкала смещена на 0,5 мм. На эту величину перемещается за 1 оборот барабан микрометра.

Указателем отсчета по шкалам, нанесенным на стебле, является торец барабана. На торце барабана выполнен скос, на котором нанесено 50 делений. Поворот барабана на одно деление на барабане относительно отсчетной линии соответствует его перемещению в осевом направлении на величину 0,01 мм. Таким образом, цена деления микрометра составляет 0,01 мм.

Измерительными поверхностями микрометрического глубиномера являются нижняя плоскость основания и торец измерительного стержня. Измерительные стержни разной длины из комплекта глубиномера вставляются в отверстие микрометрического винта снизу со стороны основания. При использовании измерительного стержня комплекта 0–25 мм стержень целиком находится в пределах микрометрического винта и его измерительная поверхность совпадает с измерительной поверхностью основания.

Отсчет показаний глубиномера

При отсчете показаний глубиномера необходимо учесть, что начало шкалы микрометра находится в верхней части стебля и при вращении барабана значимые деления оказываются под барабаном. На рис. 14 показан результат измерения.

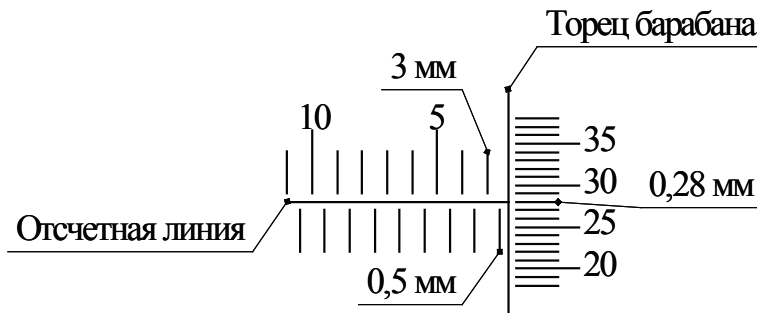


Рис. 14. Отсчет показания глубиномера

Под барабаном прибора находятся деления 1 и 2 миллиметровой шкалы глубиномера (шкала сверху отсчетной линии). Деление 3 мы видим. Это означает, что измеряемая глубина меньше, чем 3 мм.

Снизу на полумиллиметровой шкале в поле зрения находится деление 0,5 мм, помеченное на рисунке. Это значит, что по линейным шкалам результат измерения пока равен 2 мм.

Показание по стеблю прибора — 2,0 мм:

- 2 деления по основной отсчетной шкале (выше отсчетной линии);
- 0 делений по вспомогательной отсчетной линии (ниже отсчетной линии).

Показание по барабану прибора:

$$28 \text{ делений} \times 0,01 \text{ мм} = 0,28 \text{ мм.}$$

$$\text{Результат измерения: } 2 \text{ мм} + 0,28 \text{ мм} = 2,28 \text{ мм.}$$

Если полумиллиметровое деление окажется под барабаном, к целому значению результата миллиметровой шкалы необходимо добавить 0,5 мм и то значение, которое будет получено по шкале барабана.

Порядок настройки глубиномера

Производится настройка прибора с измерительным стержнем 0—25 мм.

1. Установить прибор основанием вниз на контрольную плиту (см. рис. 8).

2. С помощью трещотки (в относительно новых приборах трещотки у глубиномера нет. Наконечник перемещается до соприкосновения с плитой) ввести в соприкосновение с контрольной плитой измерительную поверхность измерительного стержня прибора. Плечи основания глубиномера целесообразно осторожно придерживать пальцами для предотвращения подъема прибора над плитой.
3. Проверить настройку прибора. Если нулевое деление барабана совпадает с нулевым делением отсчетной линии, а торец барабана совпадает с нулевой отметкой на отсчетной линии, прибор настроен.
4. При несовпадении нулевых отметок на отсчетной линии и барабане установить зажимающее устройство в положение, при котором барабан будет зажат. Винт зажимающего устройства находится на задней поверхности основания прибора.
5. Снять прибор с плиты.
6. Удерживая барабан левой рукой за рифленый поясok, правой рукой вращением корпуса трещотки за рифленый поясok против часовой стрелки ослабить натяг крепления барабана. Не следует совсем отвинчивать корпус трещотки. Нужно только ослабить барабан. Барабан должен свободно поворачиваться на стебле. Если этого не происходит, очень легким движением пальцев сместить барабан вниз вдоль оси стержня. Барабан снимается с центрирующего конуса и начинает вращаться относительно оси стебля.
7. Установить нулевую отметку круговой шкалы относительно нулевого штриха отсчетной линии. Придерживая барабан в этом положении левой рукой, правой рукой осторожно закрепить корпус трещотки на барабане.
8. Освободить зажимное устройство. Проверить полученный результат сведением **с помощью корпуса трещотки** измерительных поверхностей прибора до соприкосновения с контрольной плитой. Если нулевые отметки не совпадают, повторить настройку прибора в том же порядке.
9. Если необходимо произвести настройку прибора на ноль при использовании других измерительных стержней комплекта микрометра (25–50 мм, 50–75 мм, 75–100 мм и т. д.), на контрольную плиту устанавливают установочную меру (см. рис. 9), соответствующую началу интервала измерений соответствующего стержня, на из-

мерительную поверхность установочной меры устанавливается глубиномер. Стержень прибора размещается в отверстии установочной меры. Измерительную поверхность измерительного накопечника вводят в соприкосновение с контрольной плитой. И выполняют п. 2–8 порядка настройки прибора.

Индикатор на стойке

Внимание! Все измерительные приборы требуют бережного и квалифицированного обращения. Прежде чем приступить к настройке и работе с приборами, внимательно прочитайте прилагаемую инструкцию и в процессе работы строго следуйте этой инструкции.

Назначение приборов

Представленная ниже на рис. 15 стойка предназначена для закрепления в кронштейне измерительных головок или индикаторов. Эти измерительные устройства используются для измерения или контроля отклонений размеров и формы деталей, а также расположения поверхностей деталей.

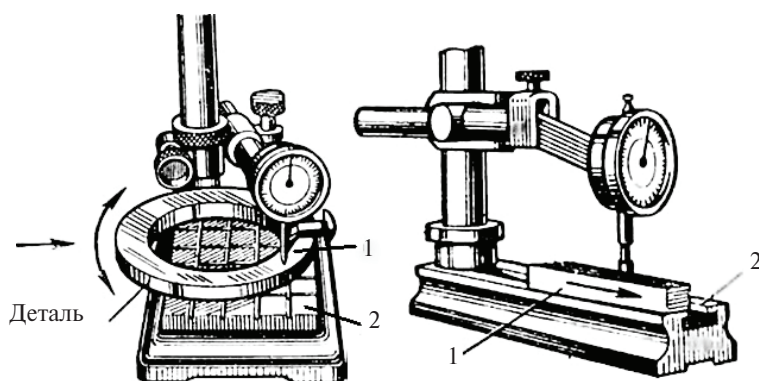


Рис. 15. Пример измерения индикатором на стойке [2]:

1 — деталь; 2 — основание

Эскизы приборов



Рис. 16. Стойки для индикатора [3; 4]

Особенности конструкции индикатора на стоке

На рис. 17 представлены стойки малогабаритные для измерительных головок с ценой деления 0,001 мм — 0,01 мм (ГОСТ 10197–70).

Стойки и штативы для измерительных головок имеют основание, в котором запрессована колонка с перемещающимся по ней кронштейном. Кронштейн предназначен для закрепления измерительной головки или индикатора часового типа, а также для регулирования положения измерительной системы по отношению к детали. Измеряемое изделие или блок плоскопараллельных концевых мер размещается на рабочем столике прибора. В основании прибора находится механизм тонкой микроподачи столика, предназначенный для настройки измерительной головки.

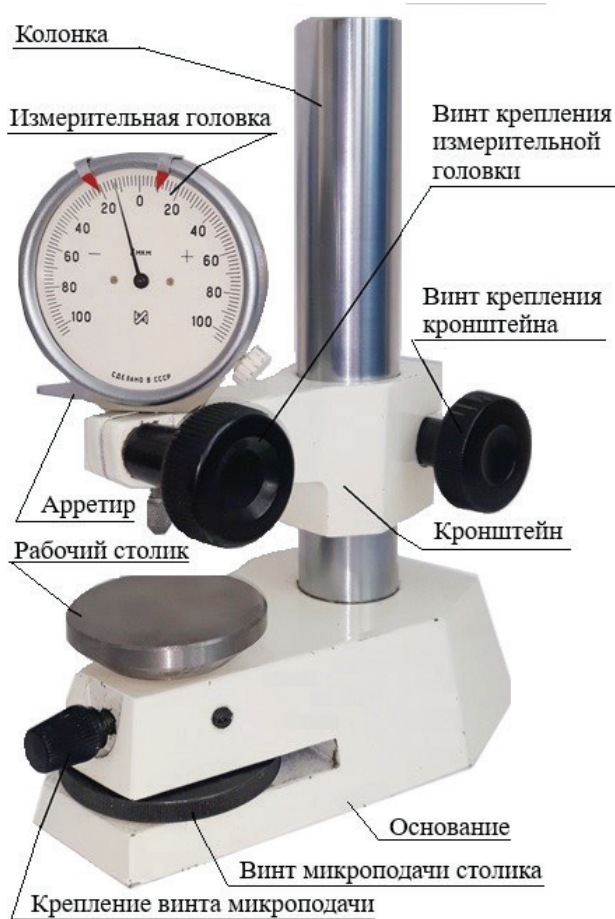


Рис. 17. Индикатор на стойке

Технические характеристики индикатора на стойке

- диапазон измерения стойки: 0–100 мм;
- цена деления индикаторов и измерительных головок по шкале: 0,001–0,01 мм;
- диаметр отверстия для измерительной головки: 8 мм;
- вылет измерительной головки на штативе: 55 мм;
- диаметр столика: 50 мм.

Метрологические характеристики индикатора на стойке

Метрологические характеристики индикатора на стойке зависят от применяемого индикатора или измерительной головки.

Индикаторы и измерительные головки — это большая группа устройств, предназначенных для измерения линейных размеров, а также отклонений формы деталей и отклонения расположения поверхностей. Головки устанавливаются в кронштейн стойки. Принцип работы индикаторов и измерительных головок основан на использовании специального передаточного механизма, который преобразует перемещение измерительного стержня в достаточное для визуального восприятия перемещение указателя-стрелки по шкале. У электронных приборов информация отражается на дисплее.

На рисунках ниже представлены индикаторы часового типа, электронные индикаторы и измерительные головки.



Рис. 18. Индикатор часового типа [4]



Рис. 19. Электронные индикаторы [4]



Рис. 20. Измерительная головка [4]

Метрологические характеристики индикаторов и измерительных головок существенно отличаются. Цена деления этих приборов 0,001—0,01 мм.

Диапазон измерения по шкале от ± 60 мкм до 11 мм. Погрешности измерения находятся в пределах от долей микрометра до нескольких микрометров.

Отсчет показаний индикатора часового типа

- целое число миллиметров отсчитывается стрелкой указателя оборотов по малой шкале;
- сотые доли миллиметров отсчитываются стрелкой по большой шкале.

При подъеме измерительного стержня (прямой ход) показания читают по наружным цифрам большой шкалы (увеличение по часовой стрелке). При опускании измерительного стержня (обратный ход) показания читают по внутренним цифрам большой шкалы (увеличение против часовой стрелки). Прямой и обратный ход отражены на рис. 21:



Рис. 21. Отсчет показаний индикаторного часового типа [3]

Показания прибора на рис. 21:

Прямой ход:

- показание по малой шкале — 9,0 мм;
- показания по большой шкале — 0,63 мм;
- результат измерения — 9,63 мм.

Обратный ход:

- показание по малой шкале — 0 мм;
- показания по большой шкале — 0,37 мм;
- результат измерения — 0,37 мм.

Принцип контроля размеров деталей с помощью индикатора на стойке

Контроль деталей с помощью индикатора на стойке относится к относительному методу измерений. Это значит, что для настройки прибора необходимо использовать эталон, соответствующий контролируемому размеру. Как правило, таким эталоном является блок плоскопараллельных концевых мер длины (см. рис. 7).

Нажав на арретир измерительной головки, блок концевых мер вводят между измерительными поверхностями столика и наконечника индикатора. Вращением микровинта столика устанавливают нулевое положение шкалы измерительной головки. Нажатием арретира поднимают наконечник индикатора и убирают блок концевых мер. Затем приступают к измерению деталей.

При измерении каждой детали помещают измеряемую деталь между измерительными поверхностями столика и наконечника индикатора и производят отсчет показаний по шкале или дисплею прибора.

Если деталь имеет цилиндрическую форму, ее перемещают по столику юзом (без качения) в одном из направлений: слева — направо, справа — налево, от себя — к себе. По шкале прибора при этом определяют наибольшее отклонение большой стрелки в плюс или минус. Или снимают показания с дисплея прибора.

На измерительных головках шкалы градуируются от нуля. На шкале указывается конкретный знак отклонения. То же на электронных приборах. На индикаторах — круговая шкала. В этом случае, как правило, отклонение стрелки по часовой стрелке — это положительный знак отклонения, а отклонение стрелки против часовой стрелки — это отрицательный знак отклонения.

Полученные результаты затем обрабатываются в зависимости от целей измерения.

При относительном методе измерений прибор показывает отклонение размера от величины эталона — блока концевых мер. Это отклонение может быть положительным и отрицательным.

Если требуется установить годность деталей, достаточно знать, находятся ли полученные отклонения между верхним и нижним предельными отклонениями размера контролируемых деталей.

Если нужен размер детали, то к размеру блока концевых мер длины алгебраически прибавляют с соответствующим знаком показание прибора по шкале.

Правила обращения с прибором

1. Категорически запрещается разбирать измерительную систему «стойка — индикатор». Как правило, прибор предварительно настроен.
2. При отвинчивании винта крепления кронштейна массивный кронштейн с измерительной головкой необходимо придерживать рукой для предотвращения его падения на столик.
3. Если есть необходимость перезакрепить измерительную головку, установку головки и ее закрепление нужно производить очень осторожно, с небольшим усилием для того, чтобы не повредить точный измерительный прибор.
4. Винт микроподачи столика, шаг перемещения которого составляет 0,002 мм, нужно вращать очень осторожно, с небольшим усилием. При этом крепление винта должно быть ослаблено.

Порядок настройки прибора

1. Рассчитать размер блока концевых мер в соответствии с заданным размером контролируемых деталей. Как правило, размер блока концевых мер равен среднему размеру детали (половина суммы максимального и минимального предельных размеров детали).
2. Набрать блок концевых мер. Установить его на рабочий столик.
3. Ослабить винт крепления кронштейна. Кронштейн с измерительной головкой обязательно придерживать рукой для предотвращения его падения на столик. Приподнять или опустить кронштейн с головкой до соприкосновения с блоком концевых мер. Большая стрелка индикатора должна при этом сделать примерно 1 оборот для того, чтобы в процессе измерений индикатор мог выбрать люфты в механизме прибора, а также показывать как положительные, так и отрицательные значения отклонений.
4. Ослабить крепление винта микроподачи. Вращением винта микроподачи установить нулевое положение стрелки индикатора.

5. Осторожно, с небольшим усилием закрепить винт микроподдачи.
6. Проверить стабильность показаний измерительной головки. Нажатием арретира поднять измерительный наконечник индикатора. Затем вернуть арретир в исходное положение. Проверить нулевое показание на шкале прибора.
7. Если произошел сбой показаний, повторить п. 3–7 порядка настройки индикатора на стойке.

Микрометр гладкий 0–25 мм

Внимание! Все измерительные приборы требуют бережного и квалифицированного обращения. Прежде чем приступить к настройке и работе с приборами, внимательно прочитайте прилагаемую инструкцию и в процессе работы строго следуйте этой инструкции.

Назначение приборов

Микрометры гладкие предназначены для измерения наружных размеров деталей цилиндрической и плоской формы (см. рис. 22).

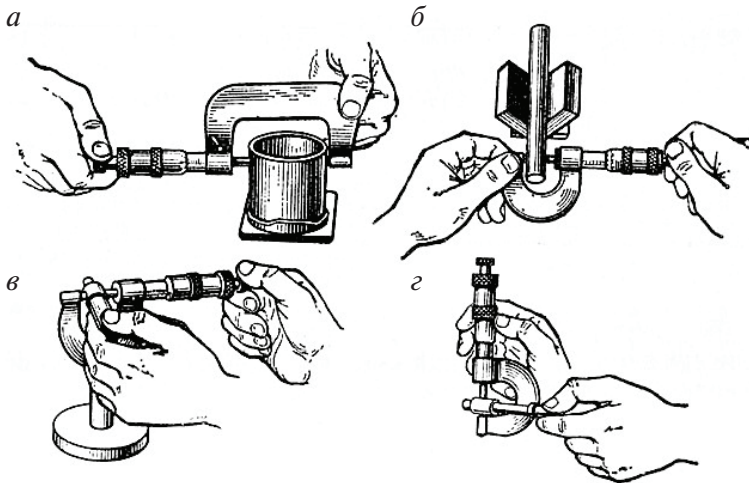


Рис. 22. Приемы измерения микрометром [2]:

а — деталь установлена на столе; *б* — деталь установлена на призме;
в — микрометр закреплен на стойке; *г* — измерение незакрепленной детали

Эскизы приборов

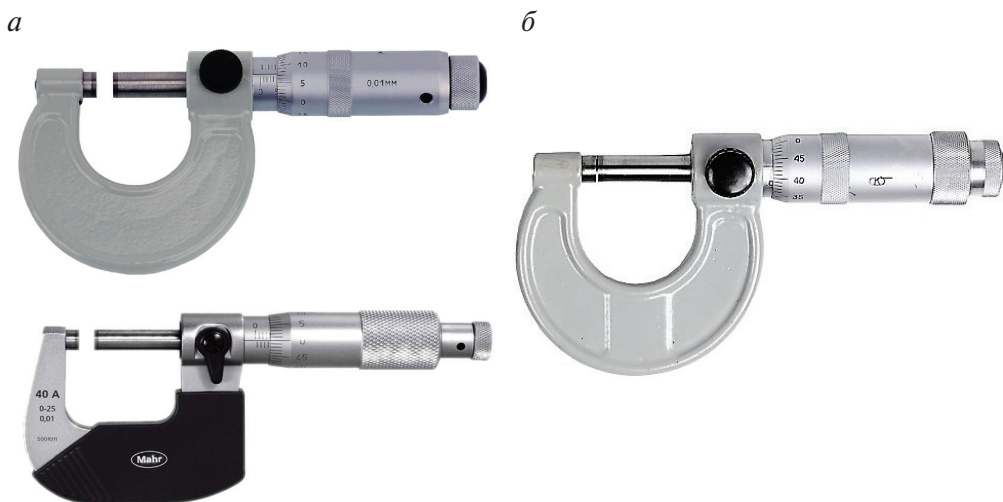


Рис. 23. Микрометр гладкий 0–25 мм [3; 4]:

а — с отверстием под шестигранный ключ; *б* — с установочным колпачком

Метрологические характеристики прибора

Метрологические характеристики прибора указываются в паспорте прибора или на самом средстве измерения (см. рис. 24):

- диапазон измерений: 0–25 мм;
- цена деления: 0,01 мм;
- предел допускаемой погрешности: $\pm 0,002$ мм;
- класс точности: 1.

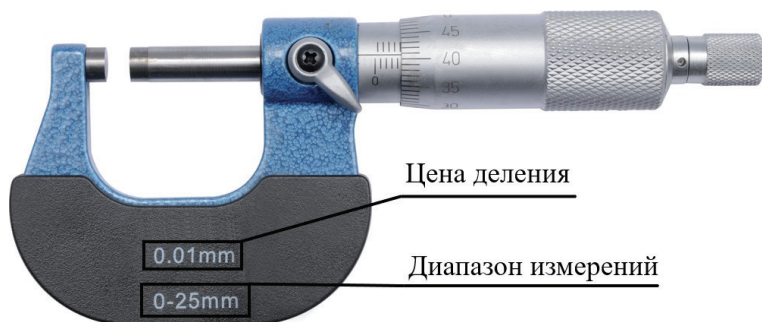


Рис. 24. Метрологические характеристики микрометра [3]

Конструкция микрометра



Рис. 25. Основные элементы конструкции микрометра [4]

Правила обращения с прибором

1. Категорически запрещается разбирать прибор.
2. Запрещается вращение барабана с одновременным использованием зажимающего устройства.
3. Категорически запрещается вращение микрометрического винта при помощи барабана, а не трещотки.
4. После окончания измерений необходимо положить микрометр с разведенными рабочими плоскостями в футляр.

Особенности конструкции микрометра

Основанием микрометра является скоба, а преобразующим устройством служит винтовая пара, состоящая из микрометрического винта и микрометрической гайки, закрепленной внутри стебля.

Принцип действия микрометрических приборов основан на преобразовании вращательного движения точного микровинта в его поступательное перемещение вдоль оси. Микрометрический винт прибора имеет шаг, равный 0,5 мм. Поэтому поворот винта в гайке на полный оборот вызывает его перемещение вдоль оси на 0,5 мм.



Рис. 26. Комплект микрометра [3; 4]

На наружной цилиндрической поверхности стебля прибора нанесена продольная отсчетная линия, над и под которой нанесены миллиметровые деления. Сверху отсчетной линии нанесены деления миллиметровой шкалы. Под продольной линией миллиметровая шкала смещена на 0,5 мм. На эту величину перемещается за 1 оборот барабан микрометра.

Указателем отсчета по шкалам, нанесенным на стебле, является торец барабана. На торце барабана выполнен скос, на котором нанесено 50 делений. Поворот барабана на одно деление на барабане отно-

сительно отсчетной линии соответствует его перемещению в осевом направлении на величину 0,01 мм. Таким образом, цена деления микрометра составляет 0,01 мм.

Отсчет показаний микрометра

Цена деления микрометра 0,01 мм.

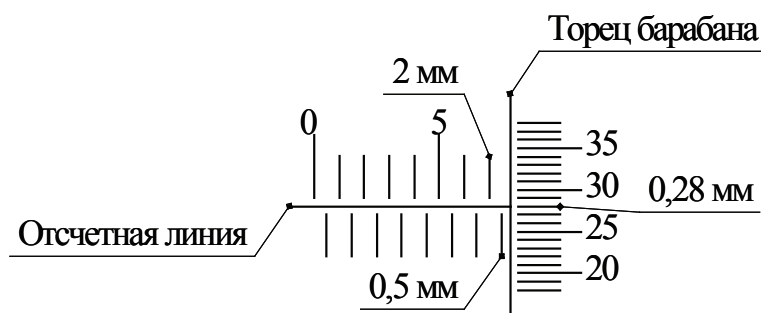


Рис. 27. Отсчет показаний микрометра

На рис. 27 отражены:

Показание по стеблю прибора — 7,5 мм:

- отметка на шкале линейных размеров 5 мм;
- 2 деления по основной отсчетной шкале (выше отсчетной линии);
- 0,5 деления по вспомогательной отсчетной линии (ниже отсчетной линии).

Показание по барабану прибора — 0,28 мм:

$$28 \text{ делений} \times 0,01 \text{ мм} = 0,28 \text{ мм.}$$

Результат измерения: $7,5 \text{ мм} + 0,28 \text{ мм} = 7,78 \text{ мм.}$

Порядок настройки микрометра гладкого 0–25 мм

1. Пользуясь трещоткой, совместить измерительные поверхности прибора до соприкосновения.
2. Проверить настройку прибора. Если нулевое деление барабана совпадает с нулевым делением отсчетной линии, а торец бара-

бана совпадает с нулевой отметкой на отсчетной линии, прибор настроен.

3. При несовпадении нулевых отметок на отсчетной линии и барабане установить зажимающее устройство в положение, при котором барабан будет зажат.
4. Вставить ключ в отверстие, находящееся на боковой стороне или в правом торце барабана. Ослабить стопор до возможности свободного поворота барабана относительно оси. Барабан теперь можно перемещать в продольном направлении или вращать относительно отсчетной линии.
5. Установить нулевую отметку круговой шкалы относительно нулевого штриха отсчетной линии. Придерживая барабан в этом положении левой рукой, закрепить стопор барабана ключом.
6. Освободить зажимное устройство. Проверить полученный результат сведением измерительных поверхностей прибора до соприкосновения **с помощью трещотки**. Если нулевые отметки не совпадают, повторить настройку прибора в том же порядке.

Микрометр гладкий 25–50 мм

Внимание! Все измерительные приборы требуют бережного и квалифицированного обращения. Прежде чем приступить к настройке и работе с приборами, внимательно прочитайте прилагаемую инструкцию и в процессе работы строго следуйте этой инструкции.

Назначение приборов

Микрометры гладкие предназначены для измерения наружных размеров деталей цилиндрической и плоской формы (см. рис. 22).

Эскизы приборов

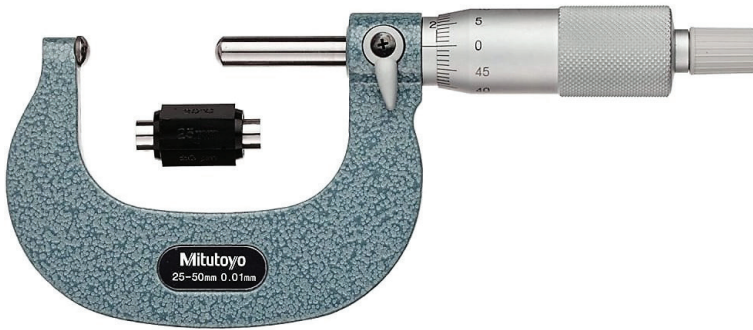


Рис. 28. Микрометр гладкий. Диапазон измерения 25–50 мм [3]

Метрологические характеристики прибора

Метрологические характеристики прибора указываются в паспорте прибора или на самом средстве измерения (рис. 29):

- диапазон измерения: 25–50 мм;
- цена деления: 0,01 мм;
- предел допускаемой погрешности: $\pm 0,002$ мм;
- класс точности: 1.

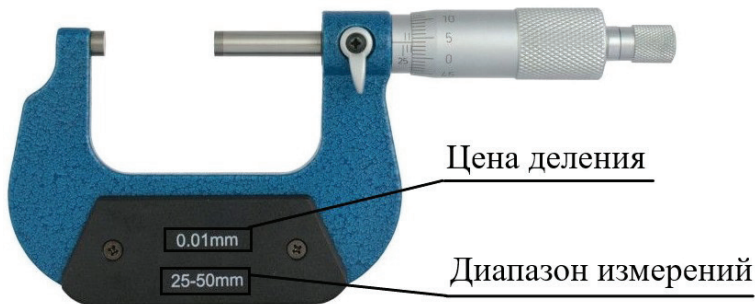


Рис. 29. Метрологические характеристики микрометра [3]

Конструкция микрометра

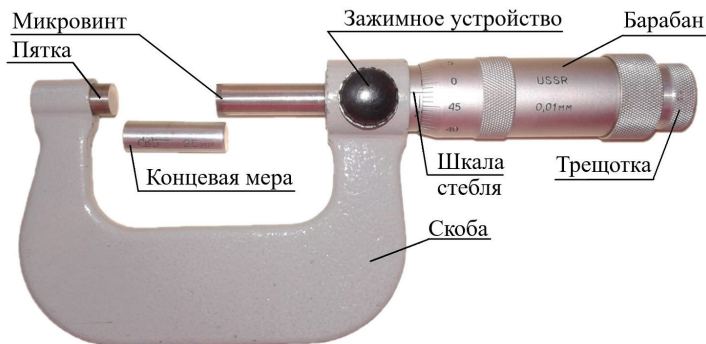


Рис. 30. Основные элементы конструкции микрометра

Правила обращения с прибором

1. Категорически запрещается разбирать микрометр.
2. Запрещается вращение барабана с одновременным использованием зажимного устройства.
3. Категорически запрещается вращение микрометрического винта при помощи барабана, а не трещотки.
4. После окончания измерений необходимо положить микрометр с разведенными рабочими плоскостями в футляр (рис. 31).



Рис. 31. Комплект микрометра:
микрометр, ключ, концевая мера длиной 25 мм

Особенности конструкции микрометра

Основанием микрометра является скоба, а преобразующим устройством служит винтовая пара, состоящая из микрометрического винта и микрометрической гайки, закрепленной внутри стебля.

Принцип действия микрометрических приборов основан на преобразовании вращательного движения точного микровинта в его поступательное перемещение вдоль оси. Микрометрический винт прибора имеет шаг, равный 0,5 мм. Поэтому поворот винта в гайке на 360° вызывает его перемещение вдоль оси на 0,5 мм.

На наружной цилиндрической поверхности стебля прибора нанесена продольная отсчетная линия, над и под которой нанесены миллиметровые деления. Сверху отсчетной линии нанесены деления миллиметровой шкалы. Под продольной линией миллиметровая шкала смещена на 0,5 мм. На эту величину перемещается за 1 оборот барабан микрометра.

Указателем отсчета по шкалам, нанесенным на стебле, является торец барабана. На торце барабана выполнен скос, на котором нанесено 50 делений. Поворот барабана на одно деление на барабане относительно отсчетной линии соответствует его перемещению в осевом направлении на величину 0,01 мм. Таким образом, цена деления микрометра составляет 0,01 мм.

Отсчет показаний прибора

Цена деления микрометра 0,01 мм.

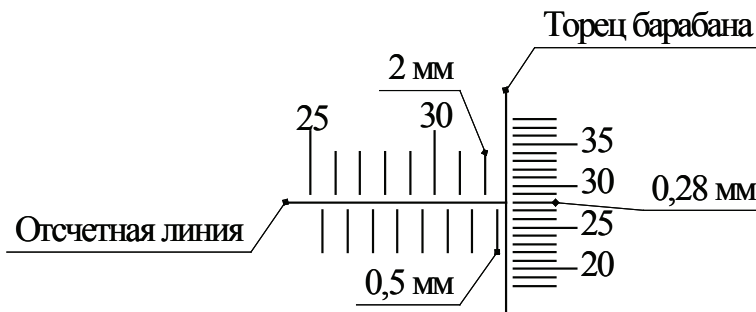


Рис. 32. Отсчет показаний микрометра

На представленном выше рисунке отражены:

Показания по стеблю прибора — 32,5 мм:

- отметка на шкале линейных размеров 30 мм;
- 2 деления по основной отсчетной шкале (выше отсчетной линии);
- 0,5 деления по вспомогательной отсчетной линии (ниже отсчетной линии).

Показание по барабану прибора — 0,28 мм:

$$28 \text{ делений} \times 0,01 \text{ мм} = 0,28 \text{ мм.}$$

Результат измерения: $32 \text{ мм} + 0,28 \text{ мм} = 32,28 \text{ мм}$.

Порядок настройки микрометра гладкого 25–50 мм

1. Пользуясь трещоткой, совместить измерительные поверхности прибора до соприкосновения с торцовыми поверхностями концевой меры.
2. Проверить настройку прибора. Если нулевое деление барабана совпадает с делением отсчетной линии с цифрой 25, а торец барабана попадает на отсчетную линию, прибор настроен.
3. При несовпадении отметок на отсчетной линии и барабане установить зажимное устройство в положение, при котором барабан будет зажат.
4. Вставить ключ в отверстие, находящееся на боковой стороне барабана. Ослабить стопор до возможности свободного поворота барабана относительно оси. Барабан теперь можно перемещать в продольном направлении или вращать относительно отсчетной линии.
5. Установить нулевую отметку круговой шкалы относительно первого штриха отсчетной линии с цифрой 25. Придерживая барабан в этом положении левой рукой, закрепить стопор барабана ключом.
6. Освободить зажимное устройство. Проверить полученный результат сведением измерительных поверхностей прибора до соприкосновения **с помощью трещотки**. Если нулевые отметки не совпадают, повторить настройку прибора в том же порядке.

Микрометр рычажный

Внимание! Все измерительные приборы требуют бережного и квалифицированного обращения. Прежде чем приступить к настройке и работе с приборами, внимательно прочитайте прилагаемую инструкцию и в процессе работы строго следуйте этой инструкции.

Назначение приборов

Рычажный микрометр с ценой деления шкалы 0,001 мм предназначен для измерения линейных размеров прецизионных деталей абсолютным и относительным методами. Прибор с тарельчатыми измерительными наконечниками предназначен для измерений наружных поверхностей, труднодоступных для обычных рычажных скоб, например, для измерения расстояния между разноименными профилями зубьев зубчатого колеса (см. рис. 22).

Эскизы приборов

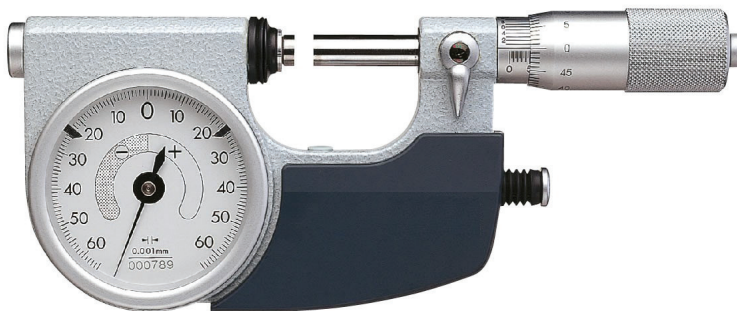


Рис. 33. Рычажный микрометр [3]

Метрологические характеристики прибора

Метрологические характеристики прибора указываются в паспорте прибора или на самом средстве измерения (см. рис. 34):

- диапазон измерений: 0–25 мм;
- цена деления отсчетного устройства: 0,001 мм;
- диапазон показаний отсчетного устройства: ± 70 мкм;
- пределы допускаемой погрешности по отсчетному устройству на участках шкалы:
до ± 30 делений $\pm 0,7$ мкм;
более ± 30 делений $\pm 1,4$ мкм;
- цена деления барабана: 0,01 мм;
- погрешность измерения по барабану: 0,004 мм.



Рис. 34. Метрологические характеристики рычажного микрометра [3]

Конструкция рычажного микрометра



Рис. 35. Основные элементы конструкции рычажного микрометра [3]

Правила обращения с прибором

1. Разбирать прибор студентам запрещается.
2. Для уменьшения влияния тепла рук на результат измерения держать микрометр необходимо только за теплоизоляционную накладку.
3. Во избежание повреждений измерительных поверхностей при введении блока концевых мер или измеряемой детали между измерительными поверхностями микровинта подвижной пятки обязательно использовать арретир.
4. Не допускать плотной установки концевых мер или детали между измерительными поверхностями микровинта и подвижной пятки.
5. После окончания измерений рычажный микрометр необходимо положить в футляр:



Рис. 36. Комплект микрометра

Особенности конструкции рычажной скобы

С левой стороны корпуса рычажного микрометра встроено отсчетное устройство, которое состоит из рычажно-зубчатой передачи и шкалы.

В отверстии этой стороны корпуса перемещается подвижная пятка. Подвижная пятка находится под действием пружины, создающей измерительное усилие. Через рычажно-зубчатый механизм она связана со стрелкой отсчетного устройства. С подвижной пяткой соединен рычаг арретира. При нажатии на арретир подвижная пятка, сжимая пружину, отводится влево.

С правой стороны корпуса рычажного микрометра находится микрометрическая головка.

Преобразующим устройством микрометрической головки служит винтовая пара, состоящая из микрометрического винта и микрометрической гайки, закрепленной внутри стебля.

Принцип действия микрометрических приборов основан на преобразовании вращательного движения точного микровинта в его поступательное перемещение вдоль оси. Микрометрический винт прибора имеет шаг, равный 0,5 мм. Поэтому поворот винта в гайке на 360° вызывает его перемещение вдоль оси на 0,5 мм.

На наружной цилиндрической поверхности стебля прибора нанесена продольная отсчетная линия, над и под которой нанесены миллиметровые деления. Сверху отсчетной линии нанесены деления миллиметровой шкалы. Под продольной линией миллиметровая шкала смещена на 0,5 мм. На эту величину перемещается за 1 оборот барабан микрометра.

Указателем отсчета по шкалам, нанесенным на стебле, является торец барабана. На торце барабана выполнен скос, на котором нанесено 50 делений. Поворот барабана на одно деление на барабане относительно отсчетной линии соответствует его перемещению в осевом направлении на величину 0,01 мм. Таким образом, цена деления микрометра составляет 0,01 мм.

Отсчет показаний микрометрической головки рычажного микрометра

Цена деления микрометрической головки: 0,01 мм.

Отсчет показаний микрометрической головки такой же, как у микрометра (см. рис. 27).

Порядок измерения прибором

Контроль деталей с помощью рычажной скобы выполняют как абсолютным методом измерений, так и относительным методом.

Порядок измерения прибором абсолютным методом

При абсолютном методе измерения деталь помещают между измерительными поверхностями подвижной и неподвижной пяток настроенного прибора и считывают показания прибора со всех его шкал: на стебле, на барабане, на отсчетном устройстве.

Порядок измерения прибором относительным методом

При относительном методе измерения для настройки прибора необходимо использовать эталон, соответствующий контролируемому размеру. Как правило, таким эталоном является набранный блок плоскопараллельных концевых мер длины (см. рис. 7). При настройке прибора используют как микрометрическую головку, так и отсчетное устройство. Микрометрическая головка может быть настроена на заданный размер, а отсчетное устройство настраивается на ноль.

Нажав на арретир, блок концевых мер вводят между измерительными поверхностями пяток, устанавливают нулевое положение на барабане прибора и на шкале отсчетного устройства. Нажатием арретира убирают блок концевых мер и приступают к измерению деталей.

При измерении каждой детали также нажимают на арретир, помещают измеряемую деталь между измерительными поверхностями пяток и производят отсчет показаний по стеблю, барабану и по отсчетному устройству прибора.

При относительном методе измерений прибор показывает отклонение размера от величины эталона — блока концевых мер. Это отклонение может быть положительным и отрицательным. На циферблате отсчетного устройства указано направление положительных и отрицательных значений результатов измерений.

Полученные результаты затем обрабатываются в зависимости от целей измерения.

Если требуется установить годность деталей, достаточно знать, находятся ли полученные отклонения между верхним и нижним предельными отклонениями размера контролируемых деталей.

Если нужен размер детали, то к размеру блока концевых мер длины алгебраически прибавляют с соответствующим знаком показания прибора на микрометрической головке и на шкале отсчетного устройства.

Порядок настройки рычажного микрометра

1. Подобрать блок концевых мер, соответствующий нижнему пределу диапазона измерения прибора.
2. Вращением барабана отвести микровинт на расстояние, примерно соответствующее размеру блока концевых мер.
3. Нажатием на арретир отвести подвижную пятку и разместить между измерительными поверхностями блок концевых мер. Обе измерительные поверхности пяток должны касаться блока. Вращением барабана совместить стрелку прибора с нулевым делением отсчетного устройства прибора.
4. При помощи специального ключа ослабить барабан. Совместить нулевое деление шкалы барабана с отсчетной линией на стебле микрометрической головки. При этом нулевая риска барабана должна располагаться на риске 25 мм на стебле микрометра.
5. Осторожно закрепить микровинт зажимным устройством и затянуть барабан при помощи специального ключа.
6. Проверить стабильность показаний отсчетного устройства. Нажатием арретира отвести подвижную пятку от блока концевых мер. Затем вернуть арретир в исходное положение. Проверить нулевое показание отсчетного устройства прибора. Если произошел сбой показаний прибора, повторить п. 4–6 порядка настройки рычажного микрометра.

Микрометр электронный 0–25 мм

Внимание! Все измерительные приборы требуют бережного и квалифицированного обращения. Прежде чем приступить к настройке и работе с приборами, внимательно прочитайте прилагаемую инструкцию и в процессе работы строго следуйте этой инструкции.

Назначение приборов

Микрометры гладкие предназначены для измерения наружных размеров деталей цилиндрической и плоской формы.

Приемы измерения микрометром см. на рис. 22.

Эскизы приборов



Рис. 37. Микрометр электронный [4]

Метрологические характеристики прибора

Метрологические характеристики (указываются в паспорте прибора или на самом средстве измерения):

- диапазон измерения: 0–25 мм;
- цена деления: 0,001 мм;
- предел допускаемой погрешности: $\pm 0,002$ мм.

Конструкция прибора

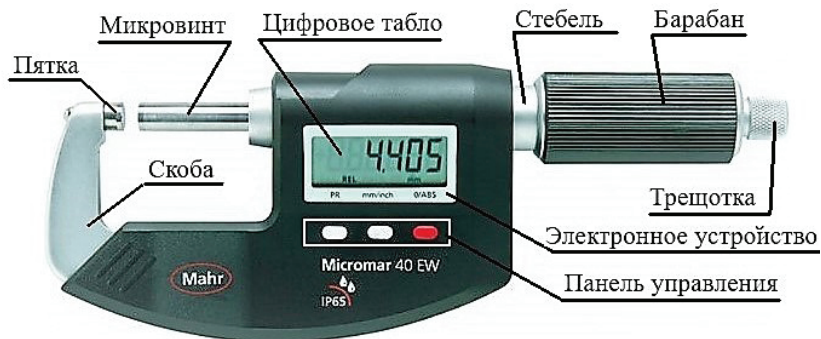


Рис. 38. Основные элементы конструкции прибора

Особенности конструкции прибора

Принцип действия микрометрических приборов основан на преобразовании вращательного движения точного микровинта в его поступательное перемещение вдоль оси. Электронное устройство отсчитывает расстояние между измерительными наконечниками при перемещении микровинта.

Главной особенностью электронных приборов для измерения линейных величин является наличие электронного отсчетного устройства с жидкокристаллическим дисплеем, благодаря чему приборы имеют повышенную точность. Такие приборы требуют деликатного обращения. Не допускаются падения прибора, удары, воздействие вибраций и других механических воздействий при работе прибора.

Отсчетное устройство прибора указывает абсолютное значение расстояния между измерительными наконечниками микрометра, что обеспечивает удобное считывание получающихся величин без дополнительных манипуляций.

Правила обращения с прибором

1. Категорически запрещается разбирать прибор.
2. Категорически запрещается вращение микрометрического винта при помощи барабана, а не трещотки.

3. После окончания измерений необходимо положить микрометр с разведенными рабочими плоскостями в футляр.



Рис. 39. Микрометр электронный. Комплект

Порядок настройки прибора

Для настройки прибора на скобе имеется панель управления (см. рис. 38), на которой располагаются три кнопки: кнопка включения прибора и установки прибора на ноль «0/ABS», кнопка переключения прибора на нужную единицу измерения «mm/inch» (миллиметры, дюймы) и кнопка программирования «PR».

Настройка прибора производится в следующем порядке:

1. Включить электронное устройство прибора нажатием кнопки «0/ABS». Установить нажатием кнопки «mm/inch» нужную единицу измерения (миллиметр).
2. С **помощью трещотки** свести измерительные наконечники прибора до соприкосновения.
3. Установить нулевое показание прибора нажатием кнопки «0/ABS».
4. Развести наконечники прибора на 1–2 мм, затем снова свести их до соприкосновения. Проверить нулевое показание прибора.

Нутромер индикаторный

Внимание! Все измерительные приборы требуют бережного и квалифицированного обращения. Прежде чем приступить к настройке и работе с приборами, внимательно прочитайте прилагаемую инструкцию и в процессе работы строго следуйте этой инструкции.

Назначение прибора

Индикаторный нутромер предназначен для контроля круглых отверстий, ширины пазов и контроля расстояния между плоскостями.

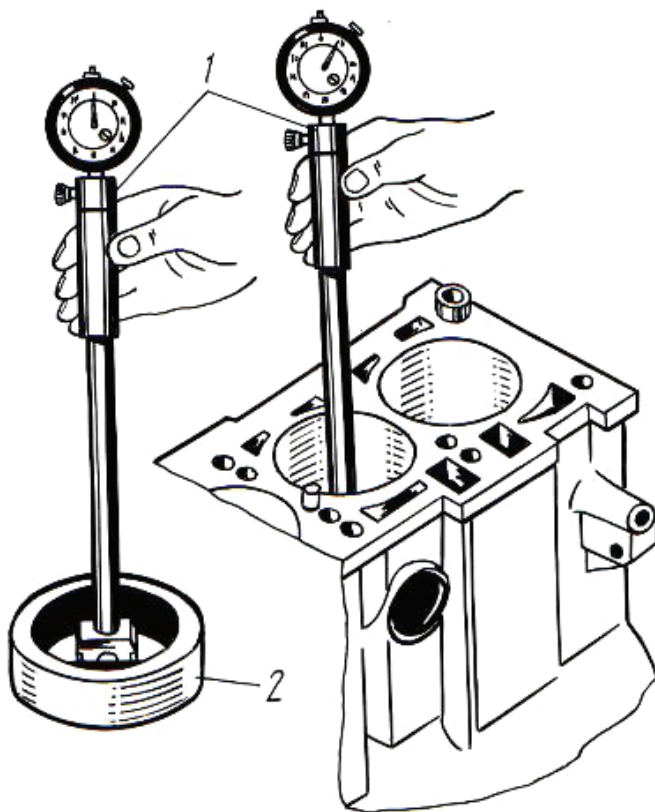


Рис. 40. Пример измерения индикаторным нутромером [2]

Эскизы приборов



Рис. 41. Индикаторные нутромеры [5]

Конструкция индикаторного нутромера



Рис. 42. Основные элементы конструкции индикаторного нутромера [5]

Технические характеристики прибора

- диапазон измерений прибора: от 18 мм;
- диапазон показаний отсчетного устройства: 0–10 мм;
- цена деления индикаторов и измерительных головок по шкале: 0,001–0,01 мм;
- глубина измерения: от 115 мм.

Метрологические характеристики индикаторного нутромера

Метрологические характеристики индикаторного нутромера зависят от применяемого индикатора или измерительной головки.

Описание индикаторов и измерительных головок изложено на стр. 88–90.

Правила обращения с прибором

1. Разбирать прибор студентам не разрешается.
2. Для уменьшения влияния тепла рук на результат измерения держать нутромер необходимо только за теплоизолирующую накладку.
3. Во избежание повреждений измерительных поверхностей при настройке прибора или при измерении детали обязательно использовать арретир (см. рис. 43).
4. После окончания измерений индикаторный нутромер необходимо положить в футляр.

Особенности конструкции индикаторного нутромера

В пустотелый стержень индикаторного нутромера устанавливается измерительная головка или индикатор часового типа. Измерительный наконечник индикатора упирается в толкатель, который связан с рычажным измерительным устройством (см. рис. 43).

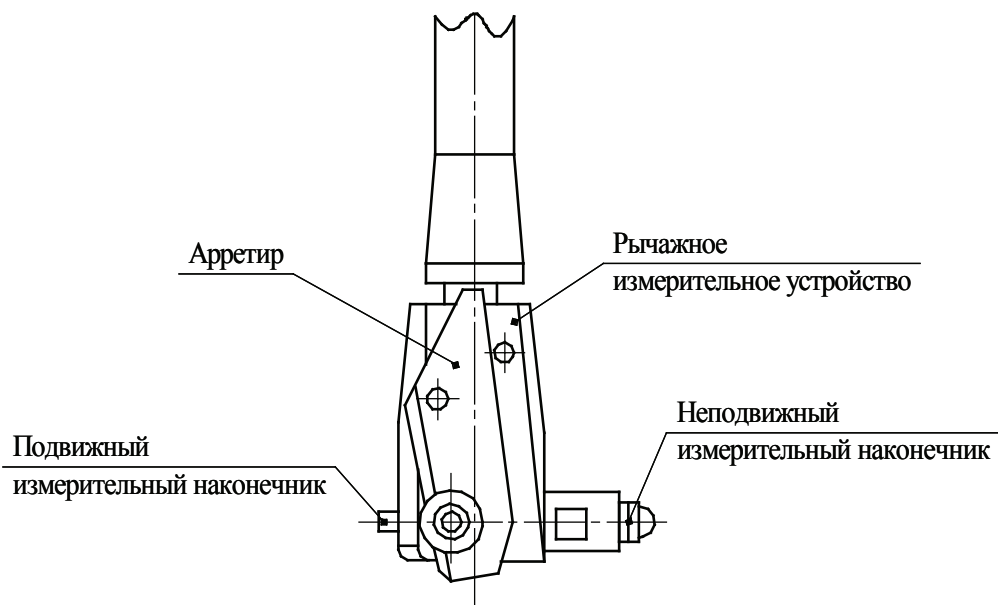


Рис. 43. Рычажное измерительное устройство

Для контроля размеров деталей от 18 мм до 55 мм в комплекте индикаторного нутромера имеются сменные измерительные наконечники, которые устанавливаются в гнездо неподвижного измерительного наконечника. Комплект индикаторного нутромера представлен на рис. 44.



Рис. 44. Индикаторный нутромер. Комплект [3]

Контроль деталей с помощью индикаторного нутромера относится к относительному методу измерений. Это значит, что для настройки прибора необходимо использовать эталон, соответствующий контролируемому размеру. Как правило, таким эталоном является набранный блок плоскопараллельных концевых мер длины (см. рис. 7), установленный в специальные принадлежности для настройки нутромера (рис. 45).



Рис. 45. Принадлежности для настройки индикаторного нутромера [3]

При относительном методе измерений прибор показывает отклонение размера от величины эталона — блока концевых мер. Это отклонение может быть положительным и отрицательным. На циферблате отсчетного устройства следует установить направление положительных и отрицательных значений результатов измерений.

Полученные результаты затем обрабатываются в зависимости от целей измерения.

Если требуется установить годность деталей, достаточно знать, находятся ли полученные отклонения между верхним и нижним предельными отклонениями размера контролируемых деталей.

Если нужен размер детали, то к размеру блока концевых мер длины алгебраически прибавляют с соответствующим знаком показание прибора по шкале.

Порядок настройки индикаторного нутромера

1. Рассчитать размер блока концевых мер в соответствии с заданным размером контролируемых деталей. Как правило, размер блока концевых мер равен среднему размеру детали (половина суммы максимального и минимального предельных размеров де-

тали). Но если оба предельные отклонения размера положительные, то целесообразно набрать блок концевых мер, равный номинальному размеру детали.

2. Набрать блок концевых мер.
3. Ослабить фиксатор струбины (рис. 46).

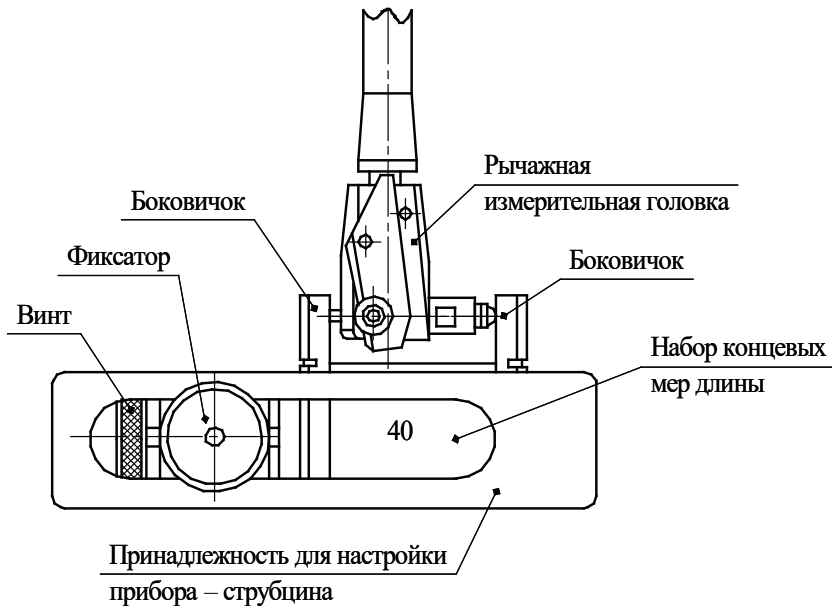


Рис. 46. Подготовка струбины для настройки индикаторного нутромера

4. Ослабить винт крепления пластин для установки боковичков.
5. Установить боковички и блок концевых мер так, как показано на рис. 46. Осторожно закрепить винт для предотвращения выпадения боковичков и блока концевых мер.
6. С небольшим усилием закрепить фиксатор. Убедиться в том, что при работе со струбиной не происходит разрушения комплекта.
7. Ввести измерительные наконечники индикатора между боковичками набора. Сначала в направлении к стержню отводится арретир, затем в систему заводятся подвижный и неподвижный измерительные наконечники.
8. Покачиванием нутромера в вертикальной плоскости (см. рис. 47) найти наименьший отсчет по шкале индикатора. Этот отсчет соответствует положению нормали между рабочими поверхностями боковичков. Вращением обода индикатора совместить нулевое

деление шкалы индикатора с положением стрелки индикатора, находящейся на наименьшем показании прибора.

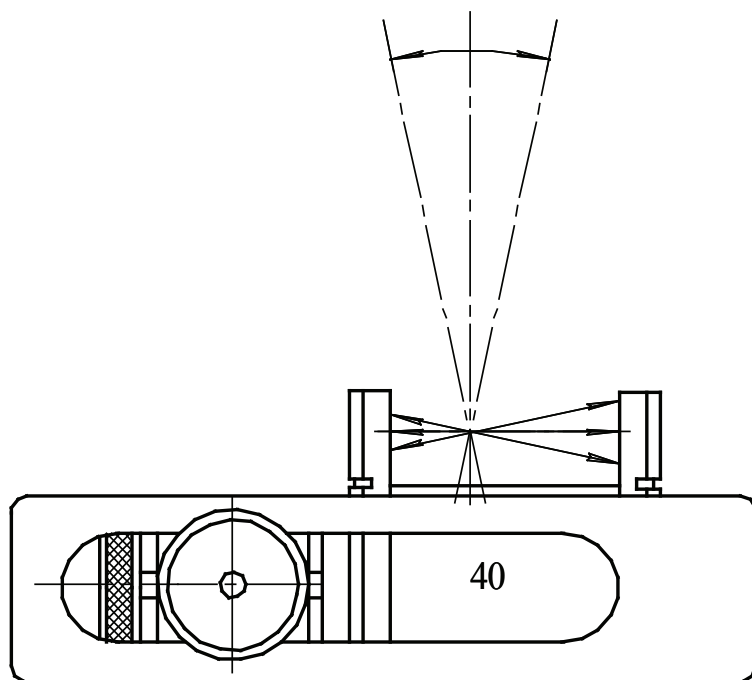


Рис. 47. Настройка индикаторного нутромера в вертикальной плоскости

9. Проверить настройку нутромера осторожным изменением положения измерительных наконечников между боковичками в горизонтальной плоскости.

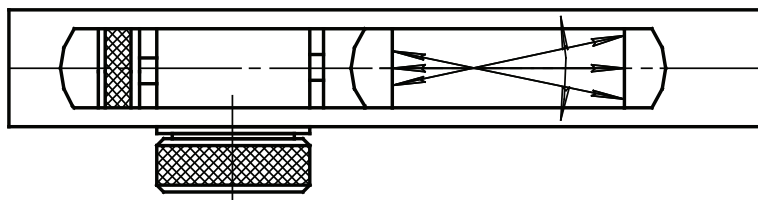


Рис. 48. Настройка индикаторного нутромера в горизонтальной плоскости

Контроль диаметральных размеров деталей индикаторным нутромером

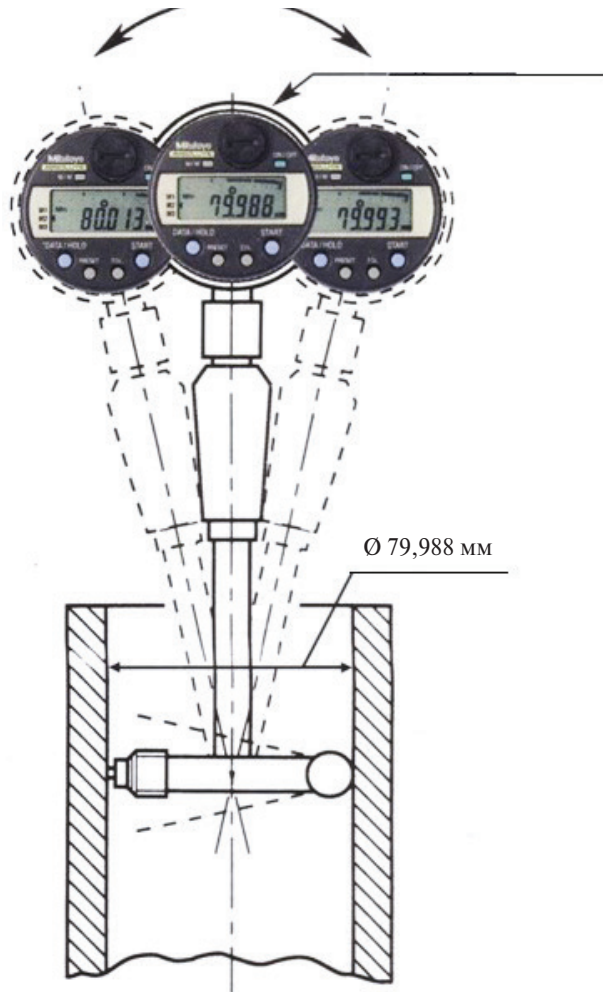


Рис. 49. Контроль размера отверстия детали индикаторным нутромером [3]

1. Для контроля диаметра отверстия детали индикаторный нутромер нужно ввести в измеряемую поверхность. Для этого арретир прибора следует отвести в сторону стержня, а затем ввести в отверстие измерительные наконечники, начиная с подвижного.
2. Для получения показаний прибора его следует покачивать (см. рис. 49), добиваясь **наименьшего показания** по шкале прибора.

3. Если целью измерения является контроль детали (определение годности детали), то достаточно показаний по шкале прибора. Эти показания должны находиться между верхним и нижним предельными отклонениями контролируемого размера.
4. Если при измерении нужно определить размер детали, то показание прибора обязательно с учетом алгебраического знака нужно сложить с настроечным размером — размером блока концевых мер.

Нутромер микрометрический

Внимание! Все измерительные приборы требуют бережного и квалифицированного обращения. Прежде чем приступить к настройке и работе с приборами, внимательно прочитайте прилагаемую инструкцию и в процессе работы строго следуйте этой инструкции.

Назначение приборов

Микрометрический нутромер — накладной прибор, предназначенный для измерения внутренних размеров с двухточечной схемой измерения, при которой одна точка неподвижна, а вторая — подвижна при измерении.

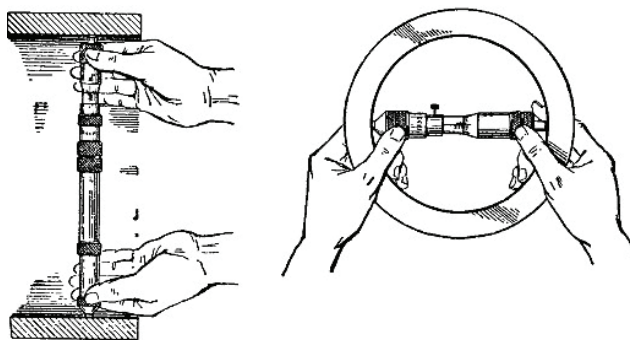


Рис. 50. Пример измерения микрометрическим нутромером [2]

Эскизы приборов



Рис. 51. Головки микрометрического нутромера [5]

Нутромер имеет микрометрическую головку и несколько удлинителей.



Рис. 52. Комплект микрометрического нутромера

Конструкция микрометрического нутромера

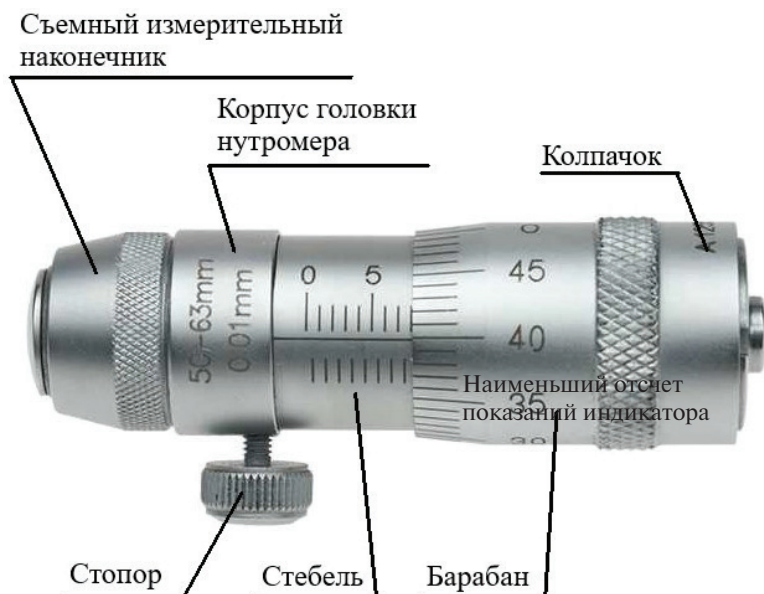


Рис. 53. Основные элементы конструкции нутромера [5]

Метрологические характеристики прибора

Метрологические характеристики прибора указываются в паспорте прибора или на самом средстве измерения (рис. 54):

- диапазон измерений прибора: 75–100 мм;
- диапазон измерений прибора при использовании удлинителей: до 600 мм;
- цена деления прибора: 0,01 мм;
- предел допускаемой погрешности: $\pm 0,015$ мм.



Рис. 54. Метрологические характеристики нутромера

Правила обращения с прибором

1. Категорически запрещается разбирать прибор.
2. Запрещается вращение барабана с одновременным использованием зажимного устройства — стопора.
3. После окончания измерений необходимо положить нутромер и удлинитель в футляр (см. рис. 52).

Особенности конструкции микрометрического нутромера

Микрометрическая головка нутромера состоит из корпуса, внутри которого находится винтовая пара, состоящая из микрометрического винта и микрометрической гайки, закрепленной внутри стебля (см. рис. 53).

Принцип действия микрометрических приборов основан на преобразовании вращательного движения точного микровинта в его поступательное перемещение вдоль оси. Микрометрический винт прибора имеет шаг, равный 0,5 мм. Поэтому поворот винта в гайке на 360° вызывает его перемещение вдоль оси на 0,5 мм.

На наружной цилиндрической поверхности стебля прибора нанесена продольная отсчетная линия, над и под которой нанесены миллиметровые деления. Сверху отсчетной линии нанесены деления миллиметровой шкалы. Под продольной линией миллиметровая шкала смещена на 0,5 мм. На эту величину перемещается за 1 оборот барабан нутромера.

Указателем отсчета по шкалам, нанесенным на стебле, является торец барабана. На торце барабана выполнен скос, на котором нанесено 50 делений. Поворот барабана на одно деление на барабане относительно отсчетной линии соответствует его перемещению в осевом направлении на величину 0,01 мм. Таким образом, цена деления микрометра составляет 0,01 мм.

Главной особенностью микрометрических нутромеров является то, что для измерения размера отверстия нутромер настраивается на наименьший предельный размер диапазона измерений. В нашем случае это 75 мм. Поэтому отсчет показаний производится относительно этой величины.

Удлинитель нутромера — это стальной стержень со сферическими измерительными поверхностями, который находится в металлической трубе с резьбовыми муфтами на концах. Удлинители свинчиваются последовательно один с другим до получения требуемого размера. Их размеры: 13, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400 и 500 мм.

Для присоединения удлинителей нужно снять съемный измерительный наконечник, вернуть на его место удлинитель необходимой длины или набор удлинителей, затем вернуть съемный измерительный наконечник.

Отсчет показаний микрометрического нутромера

Цена деления нутромера: 0,01 мм.

Отсчет показаний нутромера такой же, как у микрометра (см. рис. 27).

Настроечный размер нутромера — 75 мм (минимальный размер из указанного на приборе диапазона измерения).

Размер использованного удлинителя — 25 мм.

Показание по стеблю прибора — 7,5 мм:

- отметка на шкале линейных размеров 5 мм;
- 2 деления по основной отсчетной шкале (выше отсчетной линии);
- 0,5 деления по вспомогательной отсчетной линии (ниже отсчетной линии).

Показание по барабану прибора — 0,28 мм:

$$28 \text{ делений} \times 0,01 \text{ мм} = 0,28 \text{ мм.}$$

Результат измерения: $75 \text{ мм} + 25 \text{ мм} + 7,5 \text{ мм} + 0,28 \text{ мм} = 107,78 \text{ мм.}$

Пример отсчета результата измерений

Головка настроена на размер 50 мм (минимальный размер из указанного на приборе диапазона измерения 50–63 мм).

Размер использованного удлинителя — 0 мм.

Показание прибора по стеблю — 7,5 мм:

- отметка на шкале линейных размеров — 5 мм;
- 2 деления по основной отсчетной шкале (выше отсчетной линии);

- 0,5 деления по вспомогательной отсчетной линии (ниже отсчетной линии).



Рис. 55. Пример отсчета результата измерения [5]

Показание прибора по барабану $40 \times 0,01 \text{ мм} = 0,40 \text{ мм}$.

Результат измерения: $50 \text{ мм} + 0 \text{ мм} + 7,5 \text{ мм} + 0,40 \text{ мм} = 57,90 \text{ мм}$.

Если при измерении детали использовались удлинители, то к размерам, определенным по настроечному размеру, по стеблю и барабану прибора, добавляются размеры использованных удлинителей.

Порядок настройки микрометрического нутромера

1. Настройку микрометрического нутромера производят по специальной установочной мере (см. рис. 56), которая, как правило, имеется в комплекте прибора или при помощи трубки (см. п. Порядок настройки индикаторного нутромера на с. 120).
2. Установить головку микрометрического нутромера в скобу так, чтобы измерительные наконечники коснулись боковых поверхностей скобы. Ослабить стопор микровинта прибора. Осторожным вращением барабана закрепить головку в скобе (только так, чтобы она из скобы не выпадала).
3. Осторожно закрепить микровинт стопором.
4. Проверить положение нулевой отметки на барабане.
5. Если она не совпадает с положением отсчетной линии, вращением колпачка «на себя» (против часовой стрелки) ослабить барабан.

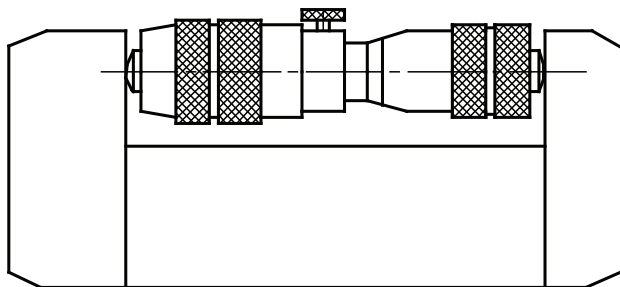


Рис. 56. Головка микрометрического нутромера в установочной мере — скобе

6. Повернуть барабан до совпадения нулевой отметки на барабане с отсчетной линией на стебле прибора.
7. Вращением колпачка осторожно закрепить барабан.
8. Вращением стопора против часовой стрелки освободить микро-вент.
9. Вращением барабана (барабан должен перемещаться влево) освободить нутромер и вынуть его из скобы.
10. Установить прибор в скобу и осторожным вращением барабана до соприкосновения измерительных поверхностей нутромера с боковыми поверхностями скобы проверить правильность настройки прибора. Если нулевое деление барабана не совпадает с отсчетной линией, выполнить настройку прибора сначала.

Примечание.

Начиная с п. 4 настройку прибора можно производить, осторожно вынув прибор из скобы. Проверку правильности настройки прибора можно выполнить только с использованием скобы.

Особенности измерения внутренних цилиндрических поверхностей детали микрометрическим нутромером

1. Для измерения отверстия детали нутромер вводят в измеряемое отверстие до соприкосновения съемного измерительного нако-нечника с поверхностью детали.

2. Вращением барабана измерительный наконечник прибора доводят до диаметрально противоположной поверхности.
3. Для того чтобы добиться расположения прибора строго по диаметру отверстия детали, нутромер, который касается поверхности детали левым съемным наконечником, покачивают в горизонтальной плоскости относительно точки касания. Если при этом образуется зазор между измерительным наконечником прибора и деталью, вращением барабана добиваются соприкосновения измерительного наконечника с поверхностью детали.
4. В этом положении прибора снимают показания для определения размера отверстия. Для удобства пользования прибором можно закрепить стопор микровинта и вынуть нутромер из детали.

Рычажная скоба

Внимание! Все измерительные приборы требуют бережного и квалифицированного обращения. Прежде чем приступить к настройке и работе с приборами, внимательно прочитайте прилагаемую инструкцию и в процессе работы строго следуйте этой инструкции.

Назначение приборов

Скоба рычажная с ценой деления 0,001 мм предназначена для измерения линейных размеров прецизионных деталей методом сравнения с мерой длины. На рис. 57 показаны конструкции рычажных скоб и приём измерения детали рычажной скобой.



Рис. 57. Рычажная скоба [3]

Конструкция рычажной скобы

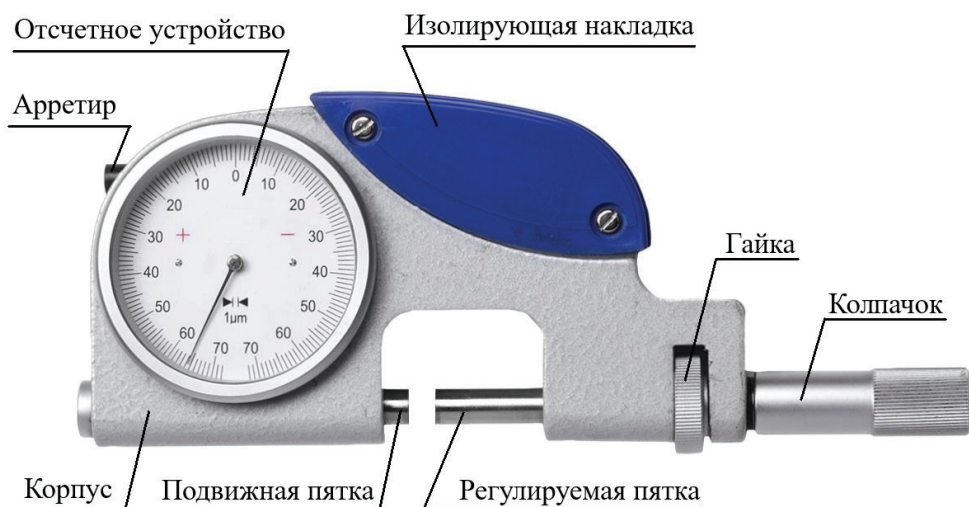


Рис. 58. Основные элементы конструкции рычажной скобы [3]

Метрологические характеристики прибора

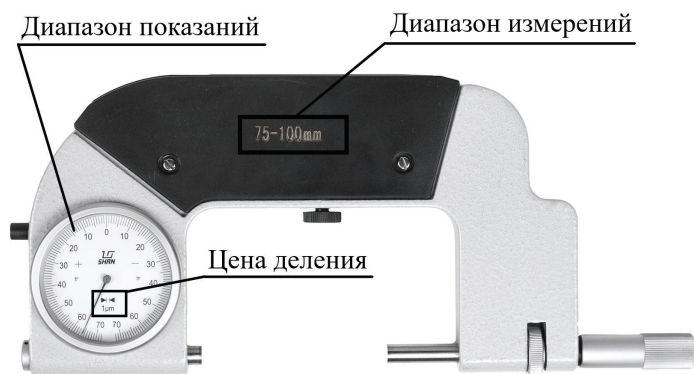


Рис. 59. Метрологические характеристики рычажной скобы [3]

Метрологические характеристики прибора указываются в паспорте прибора или на самом средстве измерения:

- диапазон измерений: 75–100 мм;
- цена деления отсчетного устройства: $1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ мм}$;

- диапазон показаний отсчетного устройства: ± 70 мкм;
- пределы допускаемой погрешности по отсчетному устройству на участках шкалы:
до ± 30 делений: $\pm 0,7$ мкм;
более ± 30 делений: $\pm 1,4$ мкм.

Правила обращения с прибором

1. Разбирать прибор студентам не разрешается.
2. Для уменьшения влияния тепла рук на результат измерения держать скобу необходимо только за теплоизоляционную накладку.
3. Во избежание повреждений измерительных поверхностей при введении блока концевых мер или измеряемой детали между измерительными поверхностями пяток обязательно использовать арретир.
4. Колпачок с прибора не снимать, зажим колпачка производить осторожно с небольшим усилием.
5. Не допускать плотной установки концевых мер или детали между измерительными поверхностями, регулируемой и подвижной пяток.
6. После окончания измерений рычажную скобу необходимо положить в футляр.

Особенности конструкции рычажной скобы

В корпус скобы встроено отсчетное устройство, которое состоит из рычажно-зубчатой передачи и шкалы.

В направляющих корпуса рычажной скобы перемещаются подвижная пятка и регулируемая (переставная) пятка.

Подвижная пятка находится под действием пружины, создающей измерительное усилие. Через рычажно-зубчатый механизм она связана со стрелкой отсчетного устройства. С подвижной пяткой соединен рычаг арретира. При нажатии на арретир подвижная пятка, сжимающая пружину, отводится влево.

Регулируемая (переставная) пятка перемещается в направляющих корпуса вращением гайки при настройке прибора на размер. Стопорится переставная пятка с помощью колпачка.

Контроль деталей с помощью рычажной скобы относится к относительному методу измерений. Это значит, что для настройки прибора необходимо использовать эталон, соответствующий контролируемому размеру. Как правило, таким эталоном является набранный блок плоскопараллельных концевых мер длины (см. рис. 7).

Нажав на арретир, блок концевых мер вводят между измерительными поверхностями пяток, устанавливают нулевое положение шкалы отсчетного устройства. Нажатием арретира убирают блок концевых мер и приступают к измерению деталей.

При измерении каждой детали (см. рис. 57) также нажимают на арретир, помещают измеряемую деталь между измерительными поверхностями пяток и производят отсчет показаний по отсчетному устройству прибора.

При относительном методе измерений прибор показывает отклонение размера от величины эталона — блока концевых мер. Это отклонение может быть положительным и отрицательным. На циферблате отсчетного устройства указано направление положительных и отрицательных значений результатов измерений.

Полученные результаты затем обрабатываются в зависимости от целей измерения.

Если требуется установить годность деталей, достаточно знать, находятся ли полученные отклонения между верхним и нижним предельными отклонениями размера контролируемых деталей.

Если нужен размер детали, то к размеру блока концевых мер длины алгебраически прибавляют с соответствующим знаком показание прибора по шкале.

Порядок настройки рычажной скобы

1. Рассчитать размер блока концевых мер в соответствии с заданным размером контролируемых деталей. Как правило, размер блока концевых мер равен среднему размеру детали (половина суммы максимального и минимального предельных размеров детали).
2. Набрать блок концевых мер.
3. Отвернув колпачок прибора, вращением гайки отвести регулируемую (переставную) пятку на расстояние, примерно соответствующее размеру блока концевых мер.

4. Нажатием на арретир отвести подвижную пятку и разместить между измерительными поверхностями блок концевых мер. Обе измерительные поверхности пяток должны касаться блока.
5. Вращением гайки установить нулевое положение стрелки на отсчетном устройстве прибора.
6. Осторожно, с небольшим усилием закрепить колпачок для стопорения гайки.
7. Проверить стабильность показаний отсчетного устройства.
8. Нажатием арретира отвести подвижную пятку от блока концевых мер. Затем вернуть арретир в исходное положение. Проверить нулевое показание отсчетного устройства прибора. Если произошел сбой показаний прибора, повторить п. 4–8 порядка настройки рычажной скобы.

Штангенциркуль электронный

Внимание! Все измерительные приборы требуют бережного и квалифицированного обращения. Прежде чем приступить к настройке и работе с приборами, внимательно прочитайте прилагаемую инструкцию и в процессе работы строго следуйте этой инструкции.

Назначение приборов

Штангенциркуль предназначен для измерения наружных и внутренних размеров деталей цилиндрической и плоской формы.

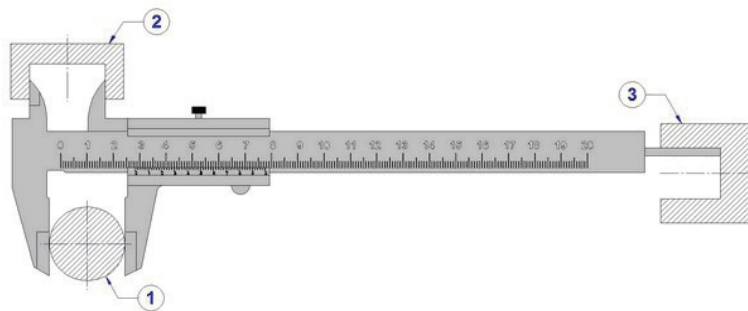


Рис. 60. Пример измерения штангенциркулем [2]:

1 — наружных поверхностей; 2 — внутренних поверхностей; 3 — уступов и глубин

Эскизы приборов

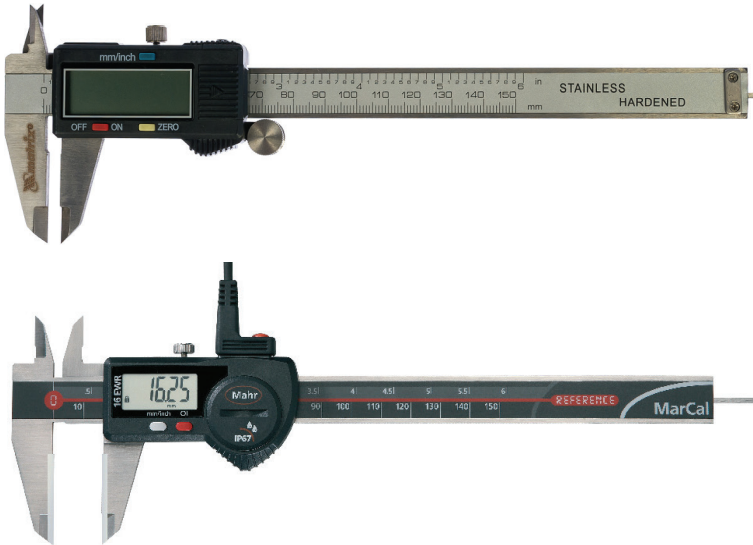


Рис. 61. Штангенциркуль электронный [5]

Метрологические характеристики прибора

Метрологические характеристики прибора указываются в паспорте прибора или на самом средстве измерения:

- диапазон измерений прибора 0–150 мм;
- цена деления прибора 0,01 мм;
- предел допускаемой погрешности измерения:
 $\pm 0,02$ мм (размер меньше 100 мм);
 $\pm 0,03$ мм (размер больше 100 мм).

Конструкция прибора

Штангенциркуль предназначен для наружных и внутренних измерений и для измерения глубин.



Рис. 62. Основные элементы конструкции прибора [5]

На штанге прибора располагается рамка, внутри которой находится электронное устройство. Это устройство отсчитывает расстояние между подвижной и неподвижной губками штангенциркуля.

Главной особенностью электронных приборов для измерения линейных величин является наличие электронного отсчетного устройства с жидкокристаллическим дисплеем, благодаря чему приборы имеют повышенную точность. Такие приборы требуют деликатного обращения. Не допускаются падения прибора, удары, воздействие вибраций и других механических воздействий при работе прибора.

Отсчетное устройство прибора указывает абсолютное значение расстояния между измерительными губками штангенциркуля, что обеспечивает удобное считывание получающихся величин без дополнительных манипуляций.

Правила обращения с прибором

Категорически запрещается разбирать прибор.

Категорически запрещается перемещение рамки по штанге при зажимающем устройстве, находящемся в зажатом состоянии.

После окончания измерений необходимо положить штангенциркуль с разведенными измерительными губками в футляр (рис. 63).



Рис. 63. Штангенциркуль в футляре

Порядок настройки прибора

Для настройки прибора на рамке имеется панель управления (см. рис. 64), на которой располагаются три кнопки: кнопка включения прибора (ON/OFF), кнопка установки прибора на ноль (ZERO) и кнопка выбора единицы измерения миллиметры/дюймы (mm/inch), расположенная сверху.

Настройка прибора производится в следующем порядке:

1. Включить электронное устройство прибора нажатием кнопки «ON/OFF».
2. Проверить установленные единицы измерения на табло прибора. Для измерения в миллиметрах необходимо, чтобы на табло светилося «mm», в противном случае прибор будет показывать результаты измерения в дюймах. Для изменения единицы измерения необходимо нажать кнопку «mm/inch» до появления на табло необходимых единиц измерения.
3. Аккуратно пользуясь маховичком, свести измерительные губки прибора до соприкосновения.
4. Установить нулевое показание прибора нажатием кнопки «ZERO».



Рис. 64. Отсчетное устройство штангенциркуля [3]

5. Развести измерительные губки прибора на 1–2 мм, затем снова свести их до соприкосновения. Проверить нулевое показание прибора.

Инструментальный микроскоп

Устройство инструментального микроскопа

Инструментальный и универсальный микроскопы (ГОСТ 8074–82 «Микроскопы инструментальные. Типы, основные параметры и размеры. Технические требования») предназначены для измерения линейных размеров в прямоугольных и полярных координатах и измерения углов. На микроскопах измеряют все основные элементы наружной резьбы у резьбовых калибров, метчиков, резьбовых фрез и прочих изделий с резьбой. Кроме того, путем измерения в прямоугольных и полярных координатах на микроскопах проверяют изделия и калибры сложных форм: шаблоны, фасонные резцы, фрезы, вырубные штампы и т. п. Измерения на инструментальных и универсальных микроскопах, как правило, производят бесконтактным методом.

Общий вид малого микроскопа инструментального (ММИ-2) и большого микроскопа инструментального (БМИ-1) показаны

на рис. 65 (*а* — малый инструментальный микроскоп ММИ-2; *б* — большой инструментальный микроскоп БМИ-1). Обе модели микроскопов устроены принципиально одинаково и отличаются, в основном, габаритами и пределами измерений.

Микроскоп состоит из станины 1, на которой на шариковых направляющих установлен предметный координатный стол 4, перемещающийся в двух взаимно перпендикулярных направлениях с помощью микрометрических устройств поперечной 2 и продольной 17 подач с ценой деления 0,005 мм.

Верхняя часть координатного стола 4 может поворачиваться маховичком 3 вокруг вертикальной оси с целью точного совмещения линии измерения с направлением продольного или поперечного перемещения стола. Для малого микроскопа стол можно повернуть на $\pm 5^\circ$ и на 360° для большого.

В центральной части координатного стола 4 находится предметное стекло, которое обеспечивает возможность освещения снизу для наблюдения в микроскоп контура изделия на освещенном фоне при измерениях теньвым методом. Осветительное устройство 16 содержит лампу, конденсатор, светофильтр и регулируемую диафрагму.

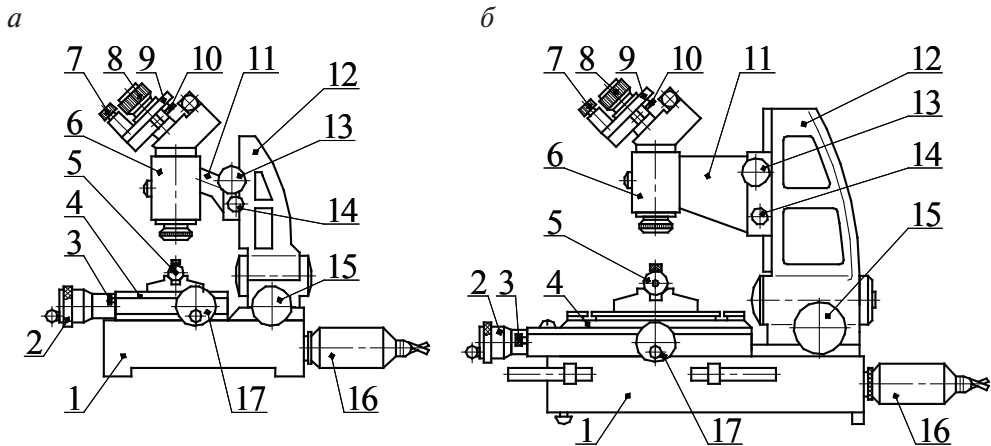


Рис. 65. Инструментальные микроскопы

1 — основание; 2 — микрометрическое устройство поперечной подачи стола; 3 — маховичок поворота стола; 4 — координатный стол; 5 — центры; 6 — тубус; 7 — окуляр отсчетного микроскопа; 8 — окуляр угломерной головки; 9 — сменная угломерная головка; 10 — маховичок вращения лимба со штриховой сеткой; 11 — кронштейн; 12 — колонка; 13 — маховик вертикального перемещения кронштейна; 14 — винт тормоза кронштейна; 15 — маховик наклона колонки; 16 — осветительное устройство; 17 — микрометрическое устройство продольной подачи стола

Тубус 6 микроскопа установлен на кронштейн 11, перемещающийся по вертикальным направляющим колонки 12. Колонка с помощью маховика 15 может наклоняться на $\pm 10^\circ$ для ММИ-2 или на $\pm 12^\circ 30'$ для БИМ-1 в обе стороны от вертикали для установки микроскопа под углом подъема винтовой линии измеряемой резьбы. Ось консоли 12 пересекается с осью центров 5, установленных на координатном столе. Вращением маховика 13 осуществляется вертикальное перемещение кронштейна, необходимое для фокусирования микроскопа. Установленное положение фиксируется винтом 14. Микроскоп БИМ-1 имеет на кронштейне 11 механизм точной фокусировки.

Сверху на тубусе 6 крепится сменная угломерная головка 9 с окуляром 8 и отсчетным микроскопом 7. В поле зрения окуляра 8 видна штриховая сетка с пунктирными и сплошными линиями (см. рис. 66).

Пластика со штриховой сеткой жестко связана с градусной шкалой (лимбом), разделенной на 360° , и имеет общую ось вращения, совпадающую с оптической осью микроскопа.

Вращение лимба со штриховой сеткой производят маховичком 10. Отсчет угловых перемещений лимба производят с помощью отсчетного микроскопа 7. На рис. 67 угла составляет $30^\circ 06'$.

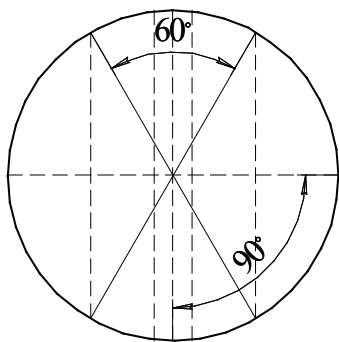


Рис. 66. Штриховая сетка

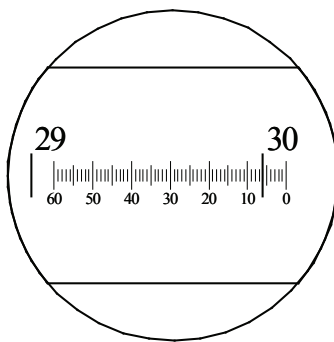


Рис. 67. Шкала отсчетного микроскопа

Шкала отсчетного микроскопа имеет 60 делений, укладывающихся в интервале одного деления лимба. Поэтому цена деления отсчетного микроскопа равна $1'$. Освещение шкалы осуществляется с помощью осветительного элемента.

Работа микроскопа основана на принципе проектирования контура измеряемого изделия на фокальную плоскость окуляра проходя-

щими лучами света с помощью оптической системы, схема которой показана на рис. 68.

Лучи света от лампы 1, пройдя через линзу конденсатора 2, зеленый светофильтр 3, линзу конденсатора 4 и диафрагму 5, отражаются от поворотного зеркала 6 и через линзу конденсатора 7, освещают измеряемый объект 9, помещенный на предметном столе 8 или закрепленный в центровых бабках. Изображение объекта измерения 9 проектируется объективом 10 в фокальную плоскость окуляра 19, где находится штриховая сетка 11 и жестко связанный с ней круговой лимб 13. Между объективом 10 и лимбом 13 для излома лучей помещена обратная призма 11. Изображение объекта измерения 9 рассматривается через окуляр 19 угломерной головки.

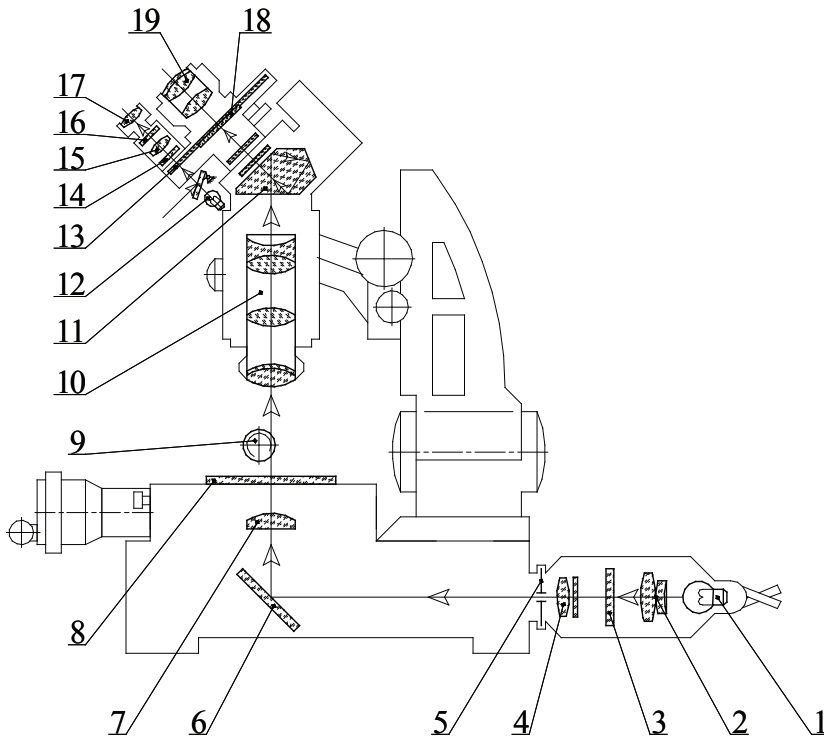


Рис. 68. Оптическая система микроскопа:

1 — лампа; 2 — линза конденсатора; 3 — зеленый светофильтр; 4 — линза конденсатора; 5 — диафрагма; 6 — поворотное зеркало; 7 — линза конденсатора; 8 — предметный стол; 9 — объект измерения; 10 — объектив; 11 — обратная призма; 12 — лампа или зеркало освещения; 13 — диск с лимбом; 14 — светофильтр; 15 — окуляр отсчетного микроскопа; 16 — пластина с минутной шкалой; 17 — объектив; 18 — пластина со штриховой сеткой; 19 — окуляр угломерной головки

Отсчет по градусной шкале производится с помощью отсчетного микроскопа 15. Луч света от лампы или зеркала 12 проходит через диск с лимбом 13 и светофильтр 14 в объектив 17, по пути освещая пластину 16 с минутной шкалой, которая находится в фокальной плоскости объектива 15. Через окуляр 15 наблюдаются штрихи лимба 13 на фоне неподвижной минутной шкалы пластины 16 и отсчитываются показания микроскопа (см. рис. 67).

Характеристики измерительных микроскопов ММИ-2 и БМИ-1 по ГОСТ 8074–82 «Микроскопы инструментальные. Типы, основные параметры и размеры. Технические требования»

Основные характеристики приборов ММИ-2 и БМИ-1 представлены в таблицах:

Метрологические показатели микроскопов

Параметр	ММИ-2	БМИ-1
Диапазон измерения длин, мм:		
в продольном направлении	0–75	0–150
в поперечном направлении	0–25	0–50
Диапазон измерения углов окулярной угломерной головкой, °	0–360	0–360
Цена деления шкал барабанов микрометрических головок, мм	0,005	0,005
Цена деления шкалы угломерной головки, минут	1	1
Цена деления нониуса шкалы наклона колонки микроскопа, минут	30	30
Цена деления нониуса шкалы поворота лимба координатного стола, минут	—	3

Метрологические характеристики микроскопов

Параметр	ММИ-2	БМИ-1
Предел допускаемой основной погрешности (мкм) при проверке по образцовой линейной штриховой мере на высоте 25 мм от предметной плоскости координатного стола в диапазоне измерений, мм:		
0–25	±3	±3
0–50	±5	±5
0–100	±6	±6

Параметр	ММИ-2	БМИ-1
Предел допускаемой основной погрешности микроскопа при измерении плоских углов с помощью круговой шкалы (лимба) угломерной головки, минута	± 1	± 1
Вариация показаний микроскопа при измерении микрометрическими головками, мкм, не более	2	2

Технические характеристики микроскопов

Параметр	ММИ-2	БМИ-1
Максимальный диаметр изделия в центрах, мм	85	100
Максимальное расстояние от объектива до стола, мм	175	200
Максимальный угол наклона колонки от вертикали, °	10	12°30′
Угол поворота предметного стола, °	± 5	360

Оптические характеристики микроскопов

Параметр	ММИ-2	БМИ-1
Линейное увеличение объективов визирного микроскопа	1; 3; 5; 10; 20; 40 ^x	1; 1,5; 3; 5 ^x
Видимое увеличение окуляра визирного микроскопа	10 ^x	10 ^x
Видимое увеличение отсчетного устройства окулярной угломерной головки	45 ^x	45 ^x

Подготовка микроскопа к работе

До начала измерений необходимо настроить микроскоп. Настройка заключается в установлении четкого изображения штриховой сетки и шкалы отсчетного микроскопа, фокусировке тубуса, закреплении в необходимом положении качающейся колонки, установке линии центров параллельно продольному ходу стола.

Порядок настройки микроскопа:

1. Включить инструментальный микроскоп в сеть 220 В.
2. Установить, если нужно, диафрагму на осветителе 16 (см. рис. 65) поворотом кольца, наблюдая поле зрения через окуляр 8 и добиваясь спокойного, не утомительного, для глаза освещения. (Диафрагма на учебном микроскопе, как правило, уже установлена).

3. Для БМИ-1 осветить зеркальцем 12 (см. рис. 68) угловую шкалу отсчетного микроскопа.
4. Вращением окуляра 7 (см. рис. 65) отсчетного микроскопа добиться резкого изображения шкалы угловых перемещений, а окуляром 8 угломерной головки штриховой сетки.
5. Вращением маховичка 10 установить штриховую сетку таким образом, чтобы нулевое деление градусной шкалы совпадало с нулевым делением минутной шкалы, видимой в отсчетном микроскопе 7.
6. Установить и закрепить в центрах контрольный валик. Сфокусировать тубус по образующей контрольного валика.

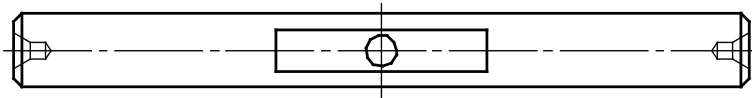


Рис. 69. Контрольный валик

При фокусировке тубус микроскопа 6 (см. рис. 65) вместе с кронштейном 11 перемещается маховиком 13 по направляющей колонки 12 и фиксируется в необходимом положении винтом 14 (при удовлетворительной видимости образующей контрольного валика).

Микроскопы типа БМИ имеют механизм точной фокусировки, осуществляемой вращением рифленого кольца путем перемещения тубуса 6 микроскопа по цилиндрическим направляющим кронштейна 11.

7. Выверить стол в горизонтальной плоскости на параллельность линии центров продольному перемещению. Для этого микро-винтами продольной 17 и поперечной подачи 2 столика 4 совместить центр штриховой сетки с образующей цилиндра валика (см. рис. 70), столик микроскопа отвести рукой влево и отпустить. Столик будет медленно отходить вправо, при этом необходимо наблюдать в окуляр 8 (см. рис. 65) за положением образующей цилиндра относительно перекрестия сетки.

Если образующая цилиндра смещается от перекрестия штриховой сетки вверх или вниз, значит, стол движется не параллельно оси центров штриховой сетки. В этом случае следует снова отвести столик влево, отпустить его и при движении столика,

глядя в окуляр угломерной головки, маховичком 3 медленно поворачивать столик до совмещения образующей цилиндра с горизонтальной штриховой линией сетки окулярной угломерной головки.

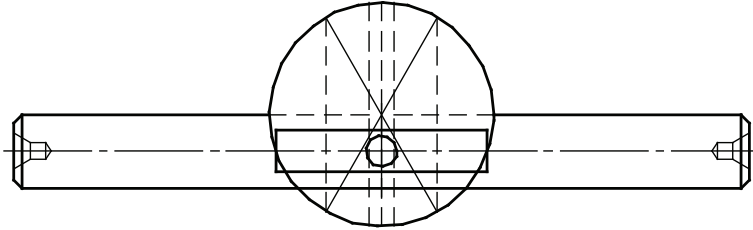


Рис. 70. Положение штрихового перекрестия при выверке стола (штрихи пунктирной линии должны делиться образующей цилиндра пополам)

Добиться строгой параллельности перемещения образующей цилиндра и горизонтальной штриховой линии окулярной угломерной головки.

8. Установить и закрепить в центрах заданную резьбовую деталь вместо контрольного валика, предварительно тщательно очистив резьбу от пыли и грязи.
9. Придать соответствующий наклон колонке. Для этого, глядя в окуляр 8, наклонить колонку 12 вращением маховиков 15 до получения одинаково резкой видимости, без отсветов с правой и левой сторон профиля резьбы, затем зафиксировать положение колонки в этом положении.

При выполнении работы следить, чтобы настройки микроскопа, указанные в пунктах 5, 6 и 7, не сбивались.

Библиографический список

1. ГОСТ 2216–84 Калибры-скобы гладкие регулируемые. Технические условия. — Москва : Издательство стандартов, 1989.
2. Белкин И. М. Средства линейно-угловых измерений: справочник / И. М. Белкин. — Москва : Машиностроение, 1987. — 368 с.
3. Сайт компании ЗАО НПФ «Уран» [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.uran-spb.ru> (дата обращения: 20.01.2020).
4. Каталог фирмы Mahr. [Электронный ресурс]. — URL: <http://www.mahr.com> (дата обращения: 20.01.2020).
5. Сайт компании АО КЗ «КРИН» [Электронный ресурс]. — URL: <http://krin.ru> (дата обращения: 20.01.2020).
6. Правиков Ю. М. Метрологическое обеспечение производства: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям «Технология, оборудование и автоматизация машиностроит. пр-в», «Конструкторско-технол. обеспечение машиностроит. пр-в», «Автоматизир. технологии и пр-ва» / Ю. М. Правиков, Г. Р. Муслина. — Москва : КНОРУС, 2009. — 240 с. ISBN 978-5-390-00205-6.
7. Сергеев А. Г. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник для бакалавров / А. Г. Сергеев, В. В. Терегеря. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2013. — 838 с. ISBN 978-5-9916-1954-7.

Приложение 1

Тесты для определения уровня готовности к выполнению лабораторной работы

№ вопроса	Формулировка вопроса
1	<p>Установите соответствие определения и термина:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Метод измерений характеризуется оценкой размера по результатам измерений других размеров, связанных с искомым определенной зависимостью.2. Метод измерений (сравнительный) позволяет производить оценку значения отклонения измеряемой величины от известного размера установочной меры или образца.3. Метод измерений позволяет оценить значения всей измеряемой величины или размера непосредственно по показаниям измерительного прибора.4. Метод измерений характеризуется непосредственной оценкой по мере или по показаниям измерительного прибора размера проверяемой детали или отклонение размера детали от установочной меры.5. Метод измерений характеризуется проверкой отдельно каждого элемента детали. <p>а. Абсолютный метод измерений. б. Относительный метод измерений. в. Прямой метод измерений. г. Косвенный метод измерений. д. Дифференцированный (поэлементный) метод измерений.</p>
2	<p>Выберите средства измерения, при измерении которыми используется относительный метод измерения:</p> <p>а. Штангенциркуль. б. Рычажная скоба. в. Микрометр. г. Индикатор на стойке. д. Индикаторный нутромер.</p>
3	<p>Выберите средства измерения, при измерении которыми используется абсолютный метод измерения:</p> <p>а. Штангенциркуль. б. Рычажная скоба. в. Микрометр. г. Индикатор на стойке. д. Индикаторный нутромер.</p>

№ вопроса	Формулировка вопроса
4	<p>Сколько микрометров в 1 мм:</p> <p>а. 10. б. 100. в. 1000. г. 0,1. д. 0,01. е. 0,001.</p>
5	<p>Что используется для настройки средства измерения на контролируемый размер при относительном методе измерения:</p> <p>а. Эталон. б. Линейка. в. Контролируемая деталь. г. Набор блоков плоскопараллельных концевых мер длины. д. Ничего из перечисленного.</p>
6	<p>Что используется для настройки средства измерения на контролируемый размер при абсолютном методе измерения:</p> <p>а. Эталон. б. Линейка. в. Контролируемая деталь. г. Набор блоков плоскопараллельных концевых мер длины. д. Ничего из перечисленного.</p>
7	<p>Что является результатом измерения при относительном методе измерения:</p> <p>а. Числовое значение измеряемого размера. б. Числовое значение номинального размера. в. Числовое значение реального размера. г. Отклонение от настроечного размера. д. Отклонение от номинального размера. е. Отклонение от реального размера. ж. Определение годности элемента детали.</p>
8	<p>Что является результатом измерения при абсолютном методе измерения:</p> <p>а. Числовое значение измеряемого размера. б. Числовое значение номинального размера. в. Числовое значение реального размера. г. Отклонение от настроечного размера. д. Отклонение от номинального размера. е. Отклонение от реального размера. ж. Определение годности элемента детали.</p>

№ вопроса	Формулировка вопроса
9	<p>Что используется для настройки регулируемой калибра-скобы:</p> <p>а. Рулетка. б. Линейка. в. Контролируемая деталь. г. Набор блоков плоскопараллельных концевых мер длины. д. Ничего из перечисленного.</p>
10	<p>Что является результатом измерения калибра-скобы:</p> <p>а. Числовое значение измеряемого размера. б. Числовое значение номинального размера. в. Числовое значение реального размера. г. Отклонение от настроечного размера. д. Отклонение от номинального размера. е. Отклонение от реального размера. ж. Определение годности элемента детали.</p>
11	<p>Укажите название калибров:</p> <p>1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. </p>

№ вопроса	Формулировка вопроса
11	а. Калибр-пробка шлицевая б. Калибр-скоба в. Калибр-кольцо шлицевое г. Калибр-пробка резьбовая д. Калибр-пробка гладкая е. Калибр-призма ж. Калибр-кольцо резьбовое

Приложение 2

Образец оформления титульного листа



Уральский
федеральный
университет
имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»
Институт новых материалов и технологий
Кафедра/департамент _____

ОТЧЕТ о лабораторной работе

по теме: « _____ »

Студент: _____
(ФИО) (Подпись)

Группа: _____

Екатеринбург
_____ г.

Приложение 3

Форма отчета

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

«Измерение линейных размеров деталей универсальными измерительными средствами. Технические и метрологические измерения»

1. Технические измерения

Задание:

- измерить заданные параметры детали измерительными средствами;
- записать результаты измерений каждого параметра.

1.1. Изображаем эскиз заданной детали с указанием измеряемых параметров.

1.2. Выбираем средства измерения для каждого параметра и заполняем метрологические характеристики выбранных средств измерения.

Метрологические характеристики средства измерения

Измеряемый параметр	А	Б	В
Обозначение размера на эскизе заданной детали			
Измерительный инструмент			
Метод измерения			
Диапазон измерений прибора, мм			
Диапазон показаний отсчетного устройства, мм			
Цена деления прибора, мм			
Погрешность измерения прибора			

1.3. Производим измерение каждого параметра. Результаты измерений заносим в таблицу (см. ниже).

Примечание.

Перед началом измерений необходимо ознакомиться с правилами настройки каждого прибора, произвести настройку каждого прибора согласно инструкции и ознакомиться с правилами отсчета показаний каждого прибора.

Показания приборов

Измеряемый параметр	Показания приборов, мм			Среднее значение, мм
	1	2	3	
А				
Б				
В				

1.4. Рассчитываем окончательный результат измерения каждого параметра. Результаты расчетов заносим в таблицу.

Результаты измерений

Измеряемый параметр	Результат измерения, мм
А	
Б	
В	

2. Метрологические измерения**Задание:**

- определить доверительный интервал результата измерений заданной детали;
- записать полученный результат измерений.

2.1. Исходные данные

Объект измерения — _____.

Измеряемый параметр — _____.

Измерительный инструмент — _____.

Метод измерения (абсолютный, относительный) — _____.

Эскиз измеряемой детали:

2.2. Обработка результатов измерений**2.2.1. Метрологические характеристики средства измерений**

Метрологические характеристики:

- диапазон измерений прибора _____;
- диапазон показаний отсчетного устройства _____;

— цена деления прибора _____;
— погрешность измерения прибора _____.

Количество концевых мер в наборе — _____.

Класс точности концевых мер — _____.

Размер блока концевых мер (настроечный размер прибора) — _____.

Размеры концевых мер, входящих в блок концевых мер, заносим в таблицу.

Размер блока концевых мер (настроечный размер прибора)

№ п/п	Размер концевой меры, мм
1	
2	
3	
4	
Σ	

2.2.2. Измерение заданного параметра

Выполняем 24 измерения одного и того же размера детали в разных сечениях. Полученные данные заносим в протокол измерений.

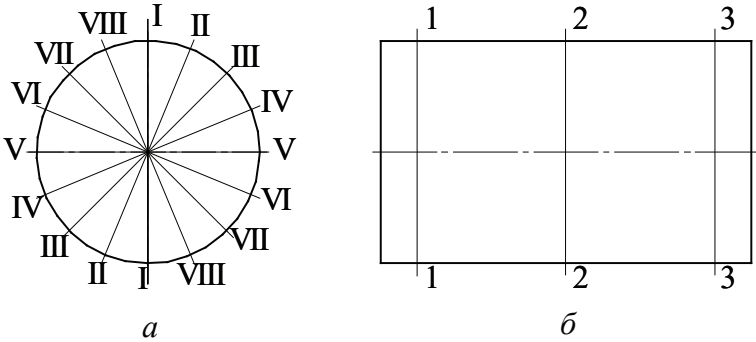


Схема измерения заданного параметра:

a — в поперечном направлении; *б* — в продольном направлении

Протокол результатов измерений, мм

№ изме- ре- ния	Сечение		Результат измерения x_i , мм	$x_i - \bar{x}$	$\left(x_i - \bar{x}\right)^2$
	продольное	поперечное			
1	1–1	I–I			
2		II–II			
3		III–III			
4		IV–IV			
5		V–V			
6		VI–VI			
7		VII–VII			
8		VIII–VIII			
9	2–2	I–I			
10		II–II			
11		III–III			
12		IV–IV			
13		V–V			
14		VI–VI			
15		VII–VII			
16		VIII–VIII			
17	3–3	I–I			
18		II–II			
19		III–III			
20		IV–IV			
21		V–V			
22		VI–VI			
23		VII–VII			
24		VIII–VIII			
Итого			$\sum\limits_1^{24}$	—	$\sum\limits_1^{24}$

Примечание.

При заполнении таблицы округления ранее 7 знака (до 6 знака) не допускаются.

2.2.3. Статистическая обработка результатов измерений

Полагаем, что значения измеряемой величины подчиняются нормальному закону распределения.

1. Определяем оценку измеряемой величины — среднее арифметическое значение n результатов измерений:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i,$$

где \bar{x} — среднее арифметическое значение результатов измерений;

n — количество единичных измерений;

x_i — результат i -го единичного измерения.

В нашем случае

$$\bar{x} =$$

2. Определяем среднее квадратическое отклонение результатов измерений, характеризующих рассеивание единичных результатов измерений около их среднего значения:

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}.$$

Отсюда

$$S_x =$$

3. Выявляем наличие сомнительных результатов.

Наибольший результат измерения $x_{\max} =$ _____

Наименьший результат измерения $x_{\min} =$ _____

Критическое значение для критерия Граббса (см. табл. П. 7.1):

$G_{\text{табл}} =$ _____ при уровне значимости свыше $q =$ _____.

Критерии Граббса:

$$G_1 = \frac{|x_{\max} - \bar{x}|}{S_x} =$$

$$G_2 = \frac{|\bar{x} - x_{\min}|}{S_x} =$$

Заключение:

4. Определяем среднее квадратическое отклонение среднего арифметического значения результатов измерений по следующей зависимости:

$$S_{\bar{x}} = \frac{S_x}{\sqrt{n}}.$$

Таким образом,

$$S_{\bar{x}} = \quad .$$

5. Определяем доверительный интервал результата измерений.

Если значение случайной величины x подчиняется нормальному закону распределения, то доверительный интервал симметричен относительно точечной оценки \bar{x} и определяется из таблицы значений интегральной функции Лапласа Φ_0 (см. табл. П. 7.2).

Аргумент функции Лапласа равен $x_{\text{табл}} = \underline{\hspace{2cm}}$ при значении интегральной функции Лапласа $\Phi(x) = \underline{\hspace{2cm}}$ и доверительной вероятности равной $P = \underline{\hspace{2cm}}$.

Нижняя граница доверительного результата измерений равна:

$$x_{\text{н}} = \bar{x} - x_{\text{табл}} \cdot S_{\bar{x}} =$$

Верхняя граница доверительного результата измерений равна:

$$x_{\text{в}} = \bar{x} + x_{\text{табл}} \cdot S_{\bar{x}} = \underline{\hspace{2cm}},$$

где $x_{\text{табл}}$ — аргумент функции Лапласа, отвечающий вероятности $P/2$; $\pm x_{\text{табл}} \cdot S_{\bar{x}}$ — доверительные границы погрешности результата измерений.

6. Формируем доверительный интервал результата измерений.

Для заданной детали доверительный интервал результата измерений равен:

$$\underline{\hspace{2cm}} \text{ мм} < x < \underline{\hspace{2cm}} \text{ мм}.$$

Приложение 4

Форма отчета

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

1. Задание:

- настроить регулируемую калибр-скобу на заданные размеры;
- проконтролировать партию деталей, разделив их на следующие группы: годные, брак исправимый и брак неисправимый;
- произвести калибровку (аттестацию) настроенной калибра-скобы на измерительном микроскопе *MarVision MM 220*.

2. Исходные данные

- заданный размер детали _____
- максимальный диаметр вала: $d_{\max} =$ _____ мм;
- минимальный диаметр вала: $d_{\min} =$ _____ мм;
- допуск вала: $Td =$ _____ мм.

Значения параметров для построения схемы расположения полей допусков калибра-скобы

Параметр	Значения параметра, мкм	Значения параметра, мм
Z		
Y		
α, α_1		
Z_1		
Y_1		
H, H_s		
H_1		
H_p		

3. Настройка регулируемой калибра-скобы

3.1. Схема расположения полей допусков калибров

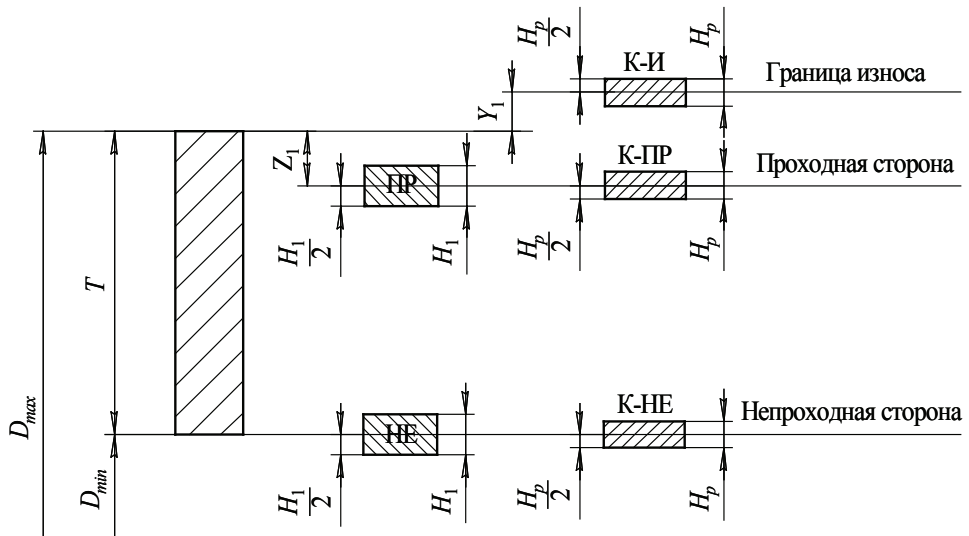


Рис. П. 4.1. Схема расположения полей допусков для калибров-скоб

3.2. Схема расположения полей допусков для заданной детали

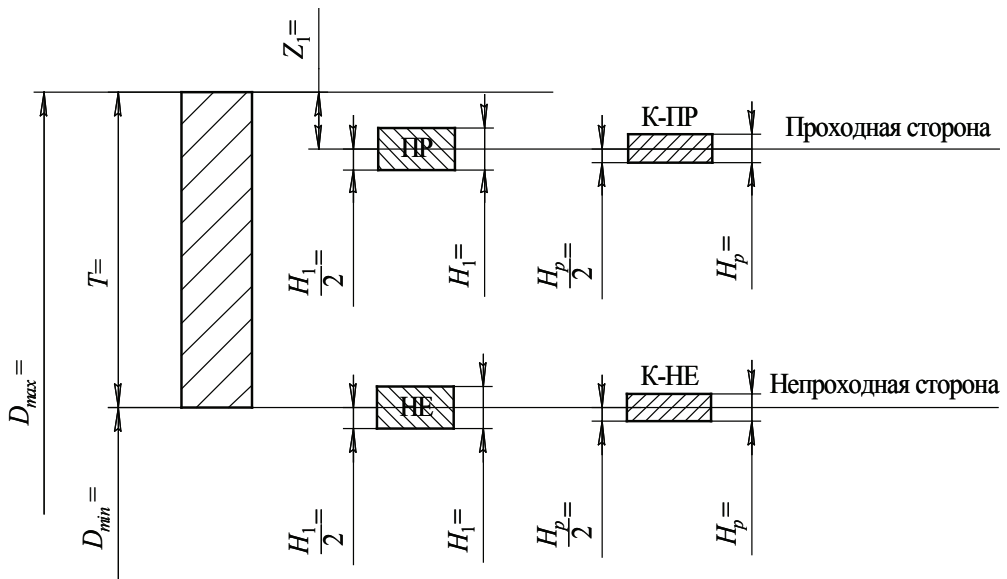


Рис. П. 4.2. Схема расположения полей допусков рабочих ПР, НЕ и контрольных калибров К-ПР и К-НЕ

3.3. Размеры контролируемой детали и рабочих ПР, НЕ и контрольных К-ПР и К-НЕ калибров

Размеры детали (вала), рабочих калибров-скоб и контрольных калибров для настройки калибра-скобы, мм

Размеры	Детали	Калибры			
		Рабочие		Контрольные	
		ПР	НЕ	К-ПР	К-НЕ
Наибольший					
Наименьший					
Средний					

3.4. Размеры плоскопараллельных концевых мер для контрольных калибров К-ПР и К-НЕ

Размеры концевых мер для контрольных калибров

Контрольный калибр К-ПР		Контрольный калибр К-НЕ	
Размер		Размер	
Концевые меры в наборе		Концевые меры в наборе	

4. Результаты контроля партии деталей калибром-скобой

Результаты контроля партии деталей калибром-скобой

Контролируемые детали	Номера деталей
Годные	
Брак исправимый	
Брак неисправимый	

5. Калибровка (аттестация) калибра-скобы

Протокол измерения скобы на измерительном микроскопе, мм

Параметр	К-ПР		К-НЕ	
	Наиболь- ший	Наимень- ший	Наиболь- ший	Наимень- ший
Рассчитанный размер контрольного калибра				
Измеренный размер скобы				
Заключение о соответствии				

Приложение 5

Форма отчета

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

1. Задание

- определить доверительные границы погрешности результата измерений заданной детали;
- записать полученный результат измерений.

2. Исходные данные

Объект измерения _____

Измеряемый параметр _____

Эскиз детали и схема измерения детали:

Названия выбранных средств измерения:

1. _____
2. _____
3. _____

3. Первая серия измерений

3.1. Метрологические характеристики измерительного прибора

- измерительное средство: _____;
- диапазон измерений: _____;
- цена деления шкалы: _____;
- предел допускаемой погрешности: _____;
- метод измерения: _____;
- набор концевых мер: _____;
- _____.

Размер блока концевых мер (настроечный размер прибора)

№ п/п	Размер концевой меры, мм
1	
2	
3	
4	
5	
Σ	

3.2. Протокол измерения детали первым средством измерения

Протокол измерений

Номер измерения	Результат измерения x_i ,	$x_i - \bar{x}_1$	$(x_i - \bar{x}_1)^2$
	1	2	3
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
Итого сумма			

3.3. Статистическая обработка результатов первой серии измерений

3.3.1. Определяем среднее арифметическое результатов первой серии измерений.

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \underline{\hspace{2cm}},$$

где \bar{x}_1 — среднее арифметическое значение результатов первой серии измерений;

n — количество единичных измерений;

x_i — результат i -го единичного измерения.

3.3.2. Определяем среднее квадратическое отклонение результатов первой серии измерений, характеризующих рассеивание единичных результатов измерений около их среднего значения.

$$S_{x_1} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_1)^2} = \underline{\hspace{2cm}}.$$

4. Вторая серия измерений

4.1. Метрологические характеристики прибора

— измерительное средство: _____;

- диапазон измерений: _____;
- цена деления шкалы: _____;
- предел допускаемой погрешности: _____;
- метод измерения: _____;
- набор концевых мер: _____;
- _____.

Размер блока концевых мер (настроечный размер прибора)

№ п/п	Размер концевой меры, мм
1	
2	
3	
4	
5	
Σ	

4.2. Протокол измерения детали вторым средством измерения

Протокол измерений

Номер измерения	Результат измерения x_i ,	$x_i - \overline{x_2}$	$(x_i - \overline{x_2})^2$
	1	2	3
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
Итого сумма			

4.3. Статистическая обработка результатов второй серии измерений

4.3.1. Определяем среднее арифметическое результатов второй серии измерений.

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \underline{\hspace{2cm}},$$

где \bar{x}_2 — среднее арифметическое значение результатов второй серии измерений;

n — количество единичных измерений;

x_i — результат i -го единичного измерения.

4.3.2. Определяем среднее квадратическое отклонение результатов второй серии измерений, характеризующих рассеивание единичных результатов измерений около их среднего значения.

$$S_{x_2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_2)^2} = \underline{\hspace{2cm}}.$$

5. Третья серия измерений

5.1. Метрологические характеристики прибора

- измерительное средство: _____;
- диапазон измерений: _____;
- цена деления шкалы: _____;
- предел допускаемой погрешности: _____;
- метод измерения: _____;
- набор концевых мер: _____;
- _____.

Размер блока концевых мер (настроечный размер прибора)

№ п/п	Размер концевой меры, мм
1	
2	
3	
4	
5	
Σ	

5.2. Протокол измерения детали третьим средством измерения

Протокол измерений

Номер измерения	Результат измерения x_i ,	$x_i - \bar{x}_3$	$(x_i - \bar{x}_3)^2$
	1	2	3
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
Итого сумма			

5.3. Статистическая обработка результатов третьей серии измерений

5.3.1. Определяем среднее арифметическое результатов третьей серии измерений.

$$\bar{x}_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \underline{\hspace{2cm}},$$

где \bar{x}_3 — среднее арифметическое значение результатов третьей серии измерений;

n — количество единичных измерений;

x_i — результат i -го единичного измерения.

5.3.2. Определяем среднее квадратическое отклонение результатов третьей серии измерений, характеризующих рассеивание единичных результатов измерений около их среднего значения.

$$S_{x_3} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_3)^2} = \underline{\hspace{2cm}}.$$

6. Определение доверительных границ погрешности результата измерений

6.1. Определяем вес каждой серии равноточных измерений (g_1, g_2, g_3)

$$\begin{cases} g_i = \frac{n}{S_{x_i}^2} C, \\ \sum_{i=1}^m g_i = 1, \end{cases}$$

где m — число серий равноточных измерений;

g_i — вес i -й серии равноточных измерений;

n — количество измерений в серии;

$S_{x_i}^2$ — среднее квадратическое отклонение результатов измерений i -й серии;

C — коэффициент. Любое положительное число, отличное от нуля.

Вес первой серии измерений: $g_1 = \frac{n}{S_{x_1}^2} C =$.

Вес второй серии измерений: $g_2 = \frac{n}{S_{x_2}^2} C =$.

Вес третьей серии измерений: $g_3 = \frac{n}{S_{x_3}^2} C =$.

Согласно системе уравнений (1) $\sum g_i = 1$, тогда:

$$\begin{aligned} g_1 + g_2 + g_3 &= 1, \\ \frac{\quad}{\quad} C + \frac{\quad}{\quad} C + \frac{\quad}{\quad} C &= 1, \\ \frac{\quad}{\quad} C &= 1, \\ C &= \quad. \end{aligned}$$

Определяем окончательное значение веса каждой серии измерений:

Вес первой серии измерений: $g_1 = \frac{\quad}{\quad} C =$.

Вес второй серии измерений: $g_2 = \frac{\quad}{\quad} C =$.

Вес третьей серии измерений: $g_3 = \frac{\quad}{\quad} C =$.

Результаты заносим в табл. П. 5.7.

6.2. Определяем среднее взвешенное значение средних арифметических значений результатов измерений

$$\bar{x}_B = \frac{\sum_{i=1}^m (g_i \cdot \bar{x}_i)}{\sum_{i=1}^m g_i},$$

где m — число серий равноточных измерений.

В данном случае

$$\overline{x}_B = \frac{\overline{g_1} \cdot \overline{x_1} + \overline{g_2} \cdot \overline{x_2} + \overline{g_3} \cdot \overline{x_3}}{\overline{g_1} + \overline{g_2} + \overline{g_3}}. \quad (\text{П. 5.1})$$

Значение среднего арифметического и вес каждой серии измерений

№ серии	Значение \bar{x}	Значение \bar{x} подставляемой величины в формулу (П. 5.1)	Вес серии g_i
1 серия			
2 серия			
3 серия			

Определяем среднее взвешенное значение средних арифметических значений результатов измерений по формуле (П. 5.1):

$$\overline{x}_B = \quad .$$

6.3. Определяем среднее квадратическое отклонение среднего взвешенного значения результатов измерений

$$S_{x_B}^- = \sqrt{\frac{C}{\sum_{i=1}^m g_i}} = \quad .$$

6.4. Определяем доверительные границы случайной погрешности результата измерения

$$\varepsilon = \pm t_{p,n} \cdot S_{x_B}^- ,$$

где $t_{p,n}$ — коэффициент Стьюдента, зависит от количества измерений и доверительной вероятности (см. прил. 7).

Для доверительной вероятности $P = \underline{\hspace{2cm}}$ и количества измерений $n = \underline{\hspace{2cm}}$ коэффициент Стьюдента $t_{p,n} = \underline{\hspace{2cm}}$.

Тогда: $\varepsilon = \pm t_{p,n} \cdot S_{x_B}^- =$

6.5. Определяем доверительные границы погрешности результата измерений

Так как согласно условию задачи случайные составляющие погрешности измерения пренебрежительно малы, по ГОСТ Р 8.736—2011 в качестве границ не исключенной систематической погрешности можно принять доверительные границы случайной погрешности оценки измеряемой величины ε .

В этом случае доверительные границы погрешности результата измерений вычисляются по формуле

$$\Delta = \pm \varepsilon.$$

В данном случае

$$\Delta = \pm \varepsilon = \text{_____ мм.}$$

6.6. Оформляем результат измеряемой величины в стандартной форме.

Примем, что доверительные границы погрешности результата измеряемой величины симметричны, тогда результат представляем в форме:

$$A = \bar{x}_B \pm \Delta, P = \text{_____ мм, } P = \text{_____}.$$

Приложение 6

Форма отчета

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

1. Задание: резбовой образец _____
2. Характеристики измерительных микроскопов ММИ-2 и БМИ-1
- 2.1. Метрологические показатели микроскопов

Параметр	ММИ-2	БМИ-1
Диапазон измерения длин, мм: в продольном направлении в поперечном направлении		
Диапазон измерения углов окулярной угломерной головкой, °		
Цена деления шкал барабанов микрометрических головок, мм		
Цена деления шкалы угломерной головки, минут		
Цена деления нониуса шкалы наклона колонки микроскопа, минут		
Цена деления нониуса шкалы поворота лимба координатного стола, минут		

2.2. Метрологические характеристики микроскопов

Параметр	ММИ-2	БМИ-1
Предел допускаемой основной погрешности (мкм) при поверке по образцовой линейной штриховой мере на высоте 25 мм от предметной плоскости координатного стола в диапазоне из- мерений, мм: 0–25 0–50 0–100		

Параметр	ММИ-2	БМИ-1
Предел допускаемой основной погрешности микроскопа при измерении плоских углов с помощью круговой шкалы (лимба) угломерной головки, минута		
Вариация показаний микроскопа при измерении микрометрическими головками, мкм, не более		

3. Определяем погрешности шага резьбы ΔP

3.1. Число витков на длине свинчивания:

$$n = \frac{0,8d}{P} = \quad .$$

3.2. Номинальный размер n шагов:

$$P_n = n \cdot P = \quad \text{мм.}$$

3.3. Схема измерения погрешности шага (рис. П. 6.1):

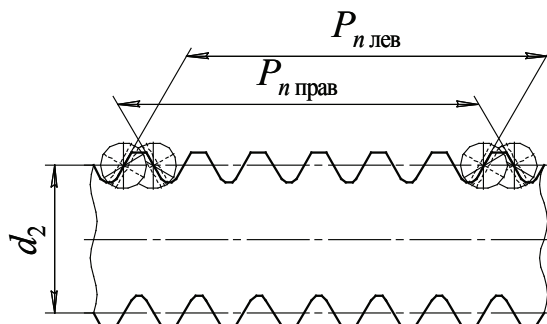


Рис. П. 6.1. Схема измерения погрешности шага

3.4. Результаты измерения.

Результаты измерения погрешности шага резьбы

Показания прибора на n _____ витках				
Измерение \ Отсчет	По левой стороне		По правой стороне	
	1	2	1	2
1				
2				
3				
Средние значения				
	$P_{n \text{ лев}} =$		$P_{n \text{ прав}} =$	
Действительный размер n шагов:				
$P_{n \text{ действ}} = \frac{P_{n \text{ лев}} + P_{n \text{ прав}}}{2} =$				
Абсолютная величина погрешности шага:				
$\Delta P = P_{n \text{ действ}} - P_n$				

4. Определяем погрешности половины угла профиля резьбы $\Delta\alpha/2$ 4.1. Угол профиля резьбы $\alpha =$ _____ °.

4.2. Схема измерения углов (рис. П. 6.2).

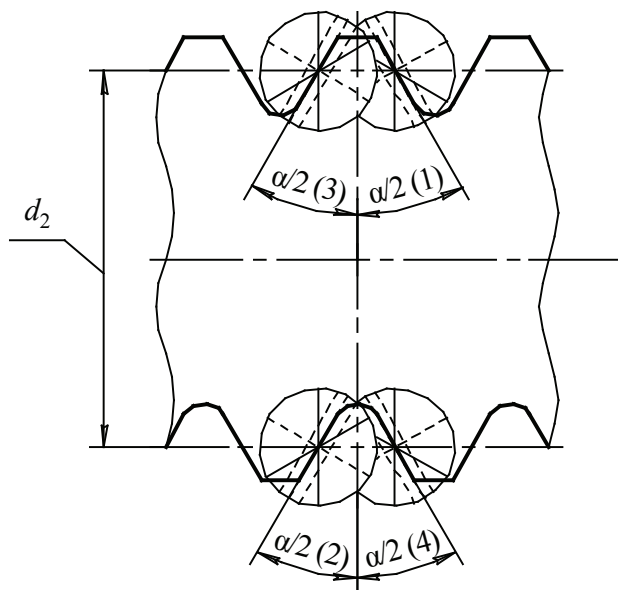


Рис. П. 6.2. Схема измерения углов

4.3. Результаты измерения.

Результаты измерения погрешности половины угла профиля резьбы

Показания прибора									
Отсчеты									
Измерения	По правой стороне				По левой стороне				
	$\alpha/2(1)$		$\alpha/2(2)$		$\alpha/2(3)$		$\alpha/2(4)$		
1	1	2	1	2	1	2	1	2	2
	0°		360°		360°		360°		0°
2	0°		360°		360°		360°		0°
3	0°		360°		360°		360°		0°
Средние значения	$\frac{\sum_{i=1}^3 \alpha/2(1)_i}{3}$		$\frac{\sum_{i=1}^3 [360^\circ - \alpha/2(2)_i]}{3}$		$\frac{\sum_{i=1}^3 [360^\circ - \alpha/2(3)_i]}{3}$		$\frac{\sum_{i=1}^3 \alpha/2(4)_i}{3}$		
Действительные значения $\alpha/2$			$\alpha/2_{\text{прав}} = \frac{\alpha/2(1) + \alpha/2(2)}{2} =$				$\alpha/2_{\text{лев}} = \frac{\alpha/2(3) + \alpha/2(4)}{2} =$		
Действительные значения $\Delta\alpha/2$			$\Delta\alpha/2_{\text{прав}} = \alpha/2_{\text{прав}} - 30^\circ =$				$\Delta\alpha/2_{\text{лев}} = \alpha/2_{\text{лев}} - 30^\circ =$		
Погрешность половины угла профиля:									
$\Delta\alpha/2 = \frac{\Delta\alpha/2_{\text{прав}} + \Delta\alpha/2_{\text{лев}}}{2} =$									

5. Измерение среднего диаметра резьбы $d_{2\text{изм}}$ методом трех проволок.

5.1. Метрологические характеристики микрометра по ГОСТ 6507–78

Тип прибора	Диапазон измерения прибора, мм	Цена деления прибора, мм	Предельная погрешность прибора 2 класса точности, мм
Микрометр гладкий			$\pm 0,004$

5.2. Метрологические характеристики проволок по ГОСТ 2475–88 «Проволочки и ролики. Технические условия»

Тип проволоки	Размер проволоки	Класс точности проволоки	Предельное отклонение, мкм
II	1,443	1	$\pm 0,5$

5.3. Схема измерения среднего диаметра (рис. П. 6.3).

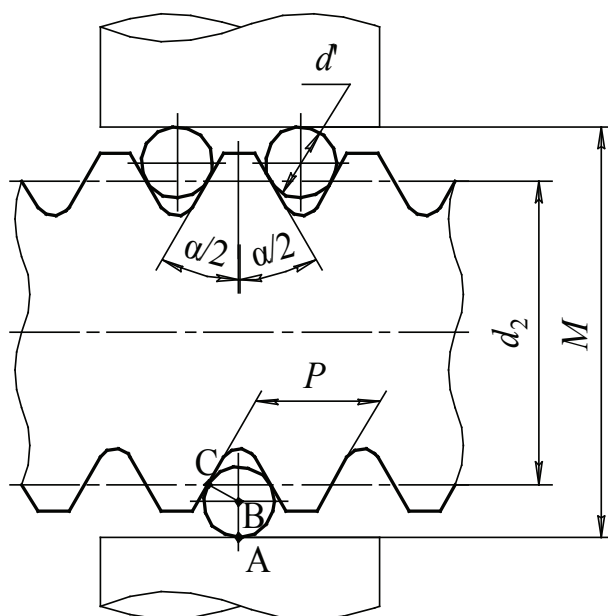


Рис. П. 6.3. Схема измерения среднего диаметра

5.4. Результаты измерения

Результаты измерения размера M

Отсчеты	Размер M , мм
1	
2	
3	
Среднее значение $M_{\text{ср}}$	

5.5. Рассчитываем средний диаметр $d_{2\text{изм}}$

$$d_{2\text{изм}} = M_{\text{ср}} - 3 \cdot d' + 0,866 \cdot P = \quad ,$$

где $M_{\text{ср}}$ — средний размер по проволочкам, мм;

d' — диаметр проволочек, мм;

P — шаг резьбы, мм.

6. Определяем приведенный средний диаметр резьбы

$$d_{2\text{пр}} = d_{2\text{изм}} + \frac{1,732 \cdot \Delta P}{1000} + \frac{0,36 \cdot P \cdot \Delta \alpha / 2}{1000} = \quad .$$

В приведенной зависимости:

$d_{2\text{пр}}$ — приведенный средний диаметр резьбы, мм;

$d_{2\text{изм}}$ — размер среднего диаметра, полученный измерением резьбы, мм;

ΔP — погрешность шага на длине свинчивания (абсолютная величина), полученная в результате измерения, мкм;

$\Delta \alpha / 2$ — погрешность половины угла профиля (абсолютная величина), полученная в результате измерения, мин;

P — номинальный шаг резьбы, мм.

Примечание. При расчете приведенного среднего диаметра резьбы следует обратить особое внимание на размерность величин, подставляемых в зависимость.

7. Определяем степень точности и основное отклонение резьбового образца

7.1. Рассчитанную величину $d_{2\text{пр}}$ сравниваем с величиной номинального среднего диаметра резьбы по ГОСТ 24705–2004 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Основные размеры» (табл. П. 7.5). Определяем разность $d_{2\text{пр}}$ и d_2 .

$$d_{2\text{пр}} - d_2 = \quad .$$

Полученное значение заносим в таблицу результатов работы формы отчета.

7.2. По разности двух величин по ГОСТ 16093–2004 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором» (табл. П. 7.5) определяем степень точности и основное отклонение (посадку) для среднего диаметра резьбы d_2 резьбового образца. Результаты заносим в таблицу.

Результаты работы

Наименование	Значение
Приведенный средний диаметр резьбы $d_{2пр}$, мм	
Средний диаметр резьбы d_2 по ГОСТ 24705–2004	
Степень точности резьбового образца по ГОСТ 16093–2004	
Основное отклонение резьбового образца (посадка) по ГОСТ 16093–2004, мм	
Обозначение резьбового образца по ГОСТ 16093–2004	

Приложение 7

Справочные материалы для выполнения лабораторных работ

Таблица П. 7.1

Критические значения $G_{\text{табл}}$ для критерия Грabbса

n	Одно наибольшее или одно наименьшее значение при уровне значимости q	
	Свыше 1 %	Свыше 5 %
3	1,155	1,155
4	1,496	1,481
5	1,764	1,715
6	1,973	1,887
7	2,139	2,020
8	2,274	2,126
9	2,387	2,215
10	2,482	2,290
11	2,564	2,355
12	2,636	2,412
13	2,699	2,462
14	2,755	2,507
15	2,806	2,549
16	2,852	2,585
17	2,894	2,620
18	2,932	2,651
19	2,968	2,681
20	3,001	2,709
21	3,031	2,733
22	3,060	2,758
23	3,087	2,781
24	3,112	2,802
25	3,135	2,822
26	3,157	2,841
27	3,178	2,859
28	3,199	2,876
29	3,218	2,893
30	3,236	2,908
31	3,253	2,924
32	3,270	2,938
33	3,286	2,952
34	3,301	2,965
36	3,330	2,991
38	3,356	3,014

Таблица П. 7.2

Таблица значений интегральной функции Лапласа

x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$
0	0	0,5	0,19146	1	0,34134	1,5	0,43319	2	0,47725	3	0,49865
0,01	0,00399	0,51	0,19497	1,01	0,34375	1,51	0,43448	2,02	0,47831	3,05	0,49886
0,02	0,00798	0,52	0,19847	1,02	0,34614	1,52	0,43574	2,04	0,47932	3,1	0,49903
0,03	0,01197	0,53	0,20194	1,03	0,34849	1,53	0,43699	2,06	0,4803	3,15	0,49918
0,04	0,01595	0,54	0,2054	1,04	0,35083	1,54	0,43822	2,08	0,48124	3,2	0,49931
0,05	0,01994	0,55	0,20884	1,05	0,35314	1,55	0,43943	2,1	0,48214	3,25	0,49942
0,06	0,02392	0,56	0,21226	1,06	0,35543	1,56	0,44062	2,12	0,483	3,3	0,49952
0,07	0,0279	0,57	0,21566	1,07	0,35769	1,57	0,44179	2,14	0,48382	3,35	0,4996
0,08	0,03188	0,58	0,21904	1,08	0,35993	1,58	0,44295	2,16	0,48461	3,4	0,49966
0,09	0,03586	0,59	0,2224	1,09	0,36214	1,59	0,44408	2,18	0,48537	3,45	0,49972
0,1	0,03983	0,6	0,22575	1,1	0,36433	1,6	0,4452	2,2	0,4861	3,5	0,49977
0,11	0,0438	0,61	0,22907	1,11	0,3665	1,61	0,4463	2,22	0,48679	3,55	0,49981
0,12	0,04776	0,62	0,23237	1,12	0,36864	1,62	0,44738	2,24	0,48745	3,6	0,49984
0,13	0,05172	0,63	0,23565	1,13	0,37076	1,63	0,44845	2,26	0,48809	3,65	0,49987
0,14	0,05567	0,64	0,23891	1,14	0,37286	1,64	0,4495	2,28	0,4887	3,7	0,49989
0,15	0,05962	0,65	0,24215	1,15	0,37493	1,65	0,45053	2,3	0,48928	3,75	0,49991
0,16	0,06356	0,66	0,24537	1,16	0,37698	1,66	0,45154	2,32	0,48983	3,8	0,49993
0,17	0,06749	0,67	0,24857	1,17	0,379	1,67	0,45254	2,34	0,49036	3,85	0,49994
0,18	0,07142	0,68	0,25175	1,18	0,381	1,68	0,45352	2,36	0,49086	3,9	0,49995
0,19	0,07535	0,69	0,2549	1,19	0,38298	1,69	0,45449	2,38	0,49134	3,95	0,49996
0,2	0,07926	0,7	0,25804	1,2	0,38493	1,7	0,45543	2,4	0,4918	4	0,49997
0,21	0,08317	0,71	0,26115	1,21	0,38686	1,71	0,45637	2,42	0,49224	4,05	0,49997
0,22	0,08706	0,72	0,26424	1,22	0,38877	1,72	0,45728	2,44	0,49266	4,1	0,49998
0,23	0,09095	0,73	0,2673	1,23	0,39065	1,73	0,45818	2,46	0,49305	4,15	0,49998
0,24	0,09483	0,74	0,27035	1,24	0,39251	1,74	0,45907	2,48	0,49343	4,2	0,49999
0,25	0,09871	0,75	0,27337	1,25	0,39435	1,75	0,45994	2,5	0,49379	4,25	0,49999
0,26	0,10257	0,76	0,27637	1,26	0,39617	1,76	0,4608	2,52	0,49413	4,3	0,49999
0,27	0,10642	0,77	0,27935	1,27	0,39796	1,77	0,46164	2,54	0,49446	4,35	0,49999
0,28	0,11026	0,78	0,2823	1,28	0,39973	1,78	0,46246	2,56	0,49477	4,4	0,49999
0,29	0,11409	0,79	0,28524	1,29	0,40147	1,79	0,46327	2,58	0,49506	4,45	0,5
0,3	0,11791	0,8	0,28814	1,3	0,4032	1,8	0,46407	2,6	0,49534	4,5	0,5
0,31	0,12172	0,81	0,29103	1,31	0,4049	1,81	0,46485	2,62	0,4956	4,55	0,5
0,32	0,12552	0,82	0,29389	1,32	0,40658	1,82	0,46562	2,64	0,49585	4,6	0,5
0,33	0,1293	0,83	0,29673	1,33	0,40824	1,83	0,46638	2,66	0,49609	4,65	0,5
0,34	0,13307	0,84	0,29955	1,34	0,40988	1,84	0,46712	2,68	0,49632	4,7	0,5
0,35	0,13683	0,85	0,30234	1,35	0,41149	1,85	0,46784	2,7	0,49653	4,75	0,5
0,36	0,14058	0,86	0,30511	1,36	0,41309	1,86	0,46856	2,72	0,49674	4,8	0,5
0,37	0,14431	0,87	0,30785	1,37	0,41466	1,87	0,46926	2,74	0,49693	4,85	0,5
0,38	0,14803	0,88	0,31057	1,38	0,41621	1,88	0,46995	2,76	0,49711	4,9	0,5
0,39	0,15173	0,89	0,31327	1,39	0,41774	1,89	0,47062	2,78	0,49728	4,95	0,5
0,4	0,15542	0,9	0,31594	1,4	0,41924	1,9	0,47128	2,8	0,49744	5	0,5
0,41	0,1591	0,91	0,31859	1,41	0,42073	1,91	0,47193	2,82	0,4976		
0,42	0,16276	0,92	0,32121	1,42	0,4222	1,92	0,47257	2,84	0,49774		
0,43	0,1664	0,93	0,32381	1,43	0,42364	1,93	0,4732	2,86	0,49788		
0,44	0,17003	0,94	0,32639	1,44	0,42507	1,94	0,47381	2,88	0,49801		
0,45	0,17364	0,95	0,32894	1,45	0,42647	1,95	0,47441	2,9	0,49813		
0,46	0,17724	0,96	0,33147	1,46	0,42785	1,96	0,475	2,92	0,49825		
0,47	0,18082	0,97	0,33398	1,47	0,42922	1,97	0,47558	2,94	0,49836		
0,48	0,18439	0,98	0,33646	1,48	0,43056	1,98	0,47615	2,96	0,49846		
0,49	0,18793	0,99	0,33891	1,49	0,43189	1,99	0,4767	2,98	0,49856		

Таблица П. 7.3

Допуски и отклонения калибров-скоб по ГОСТ 24853

Квалитеты допусков изделий	Обозначение размеров и допусков	Интервалы размеров, мм								
		до 3	св. 3 до 6	св. 6 до 10	св. 10 до 18	св. 18 до 30	св. 30 до 50	св. 50 до 80	св. 80 до 120	св. 120 до 180
		Размеры и допуски, мкм								
6	Z	1	1,5	1,5	2	2	2,5	2,5	3	4
	Y	1	1	1	1,5	1,5	2	2	3	3
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z_1	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6
	Y_1	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4
	H, H_S	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5
	H_1	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	H_P	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5
7	Z, Z_1	1,5	2	2	2,5	3	3,5	4	5	6
	Y, Y_1	1,5	1,5	1,5	2	3	3	3	4	4
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H, H_1	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	H_S	—	—	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5
	H_P	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5
8	Z, Z_1	2	3	3	4	5	6	7	8	9
	Y, Y_1	3	3	3	4	4	5	5	6	6
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	H_1	3	4	4	5	6	7	8	10	12
	H_S, H_P	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5
9, 10	Z, Z_1	5	6	7	8	9	11	13	15	18
	Y, Y_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8
	H_1	3	4	4	5	6	7	8	10	12
	H_S, H_P	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5
11, 12	Z, Z_1	10	12	14	16	19	22	25	28	32
	Y, Y_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	α, α_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H, H_1	4	5	6	8	9	11	13	15	18
	H_S	—	—	4	5	6	7	8	10	12
	H_P	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5

Таблица П. 7.4

Величины коэффициента Стьюдента

**Величины коэффициента Стьюдента $t_{p, n}$ для различных значений
доверительной вероятности**

$n - 1$	Доверительная вероятность, P			
	0,90	0,95	0,99	0,999
1	6,314	12,706	63,657	636,619
2	2,920	4,303	9,925	31,598
3	2,353	3,182	5,841	12,941
4	2,132	2,776	4,604	8,610
5	2,015	2,571	4,032	6,859
6	1,943	2,447	3,707	5,959
7	1,895	2,365	3,499	5,405
8	1,860	2,306	3,355	5,041
9	1,833	2,262	3,250	4,781
10	1,812	2,228	3,169	4,587
11	1,796	2,201	3,106	4,437
12	1,782	2,179	3,055	4,318
13	1,771	2,160	3,012	4,221
14	1,761	2,145	2,977	4,140
15	1,753	2,131	2,947	4,073
16	1,746	2,120	2,921	4,015
17	1,740	2,110	2,898	3,965
18	1,734	2,101	2,878	3,922
19	1,729	2,093	2,861	3,883
20	1,725	2,086	2,845	3,850
21	1,721	2,080	2,831	3,819
22	1,717	2,074	2,819	3,792
23	1,714	2,069	2,807	3,767
24	1,711	2,064	2,797	3,745
25	1,708	2,060	2,787	3,725
26	1,706	2,056	2,779	3,707
27	1,703	2,052	2,771	3,690
28	1,701	2,048	2,763	3,674
29	1,699	2,045	2,756	3,659
30	1,697	2,042	2,750	3,646

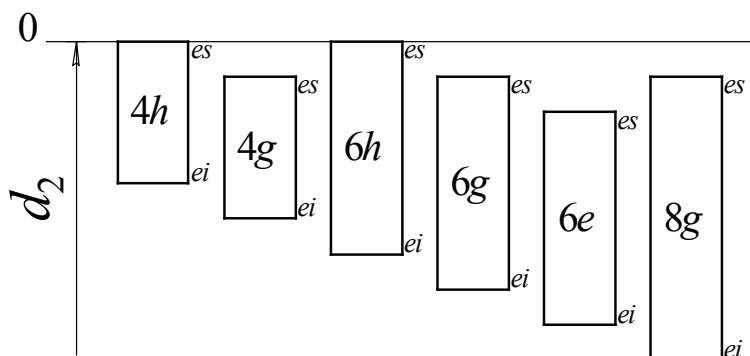
Таблица П. 7.5

Средний диаметр резьбы по ГОСТ 24705–2004 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая. Основные размеры»

Диаметр d , мм		Шаг резьбы P , мм	Средний диаметр резьбы d_2 , мм
1-й ряд	2-й ряд		
—	14	2,0	12,701
		1,5	13,026
		1,0	13,188
16	—	2,0	14,701
		1,5	15,026
		1,0	15,350
—	18	2,5	16,376
		2,0	16,701
		1,5	17,026
20	—	2,5	18,376
		2,0	18,701
		1,5	19,026
—	22	2,5	20,376
		2,0	20,701
		1,5	21,026
24	—	3,0	22,051
		2,0	22,701
		1,5	23,026

Таблица П. 7.6

**Степени точности и основные отклонения для метрических резьб
по ГОСТ 16093–2004 «Основные нормы взаимозаменяемости. Резьба метрическая.
Допуски. Посадки с зазором»**



Резьба	d_2	Предельные отклонения, мкм											
		4h		4g		6h		6g		6e		8g	
		es	ei	es	ei	es	ei	es	ei	es	ei	es	ei
18×2,5	16,376	0	−106	−42	−148	0	−170	−42	−212	−80	−250	−42	−307
20×2,5	18,376	0	−106	−42	−148	0	−170	−42	−212	−80	−250	−42	−307
22×2,5	20,376	0	−106	−42	−148	0	−170	−42	−212	−80	−250	−42	−307

Приложение 8

Правильные ответы к тесту

№ вопроса	Правильные ответы
1	1 — г; 2 — б; 3 — а; 4 — в; 5 — д
2	б, г, д
3	а, в
4	в
5	а, г
6	д
7	г
8	а
9	г
10	ж
11	1 — д; 2 — б; 3 — е; 4 — а; 5 — ж; 6 — в; 7 — г

Учебное издание

Смагин Алексей Сергеевич
Коновалова Ирина Викторовна

**МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ,
СЕРТИФИКАЦИЯ И НОРМИРОВАНИЕ
ТОЧНОСТИ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

Ответственный за выпуск И. Ю. Плотникова
Редактор Н. П. Кубыщенко
Верстка О. П. Игнатъевой

Подписано в печать 24.03.2021. Формат 70×100/16.
Бумага офсетная. Цифровая печать. Усл. печ. л. 14,7.
Уч.-изд. л. 10,8. Тираж 30 экз. Заказ 5.

Издательство Уральского университета
Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ
620049, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 5
Тел.: +7 (343) 375-48-25, 375-46-85, 374-19-41
E-mail: rio@urfu.ru

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ
620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4
Тел.: +7 (343) 358-93-06, 350-58-20, 350-90-13
Факс: +7 (343) 358-93-06
<http://print.urfu.ru>

